Bedienungsanleitung
FLIR Cx-Serie

SCV SA (SCHWEIZ)
Spitalstrasse 49
CH-3280 Meyriez-Murten
Schweiz
T:0041 26 672 90 50 / F:0041 26 672 90 55
email: info@scv-sa.ch / www.scv-sa.ch

Bedienungsanleitung FLIR Cx-Serie

Inhaltsverzeichnis

1 Haftungsausschlüsse 1
1.1 Haftungsausschluss 1
1.2 Nutzungsstatistiken 1
1.3 Änderungen der Registrierung 1
1.4 Bestimmungen der US-amerikanischen Regierung 1
1.5 Urheberrecht 1
1.6 Qualitätssicherung 1
1.7 Patente 1
1.8 EULA Terms 1
1.9 EULA Terms 2
2 Sicherheitsinformationen 3
3 Hinweise für Benutzer 6
3.1 Benutzerforen 6
3.2 Kalibrierung 6
3.3 Genauigkeit 6
3.4 Entsorgung elektronischer Geräte 6
3.5 Schulung 6
3.6 Aktualisierung der Dokumentation 6
3.7 Wichtiger Hinweis zu diesem Handbuch 6
3.8 Hinweis zu maßgeblichen Versionen 6
4 Hilfe für Kunden 8
4.1 Allgemein 8
4.2 Fragen stellen 8
4.3 Downloads 9
5 Schnelleinstieg 10
5.1 Vorgehensweise 10
6 Beschreibung 11
6.1 Ansicht von vorn 11
6.2 Rückansicht 11
6.3 Anschluss 12
6.4 Bildschirmelemente 12
6.5 Automatische Ausrichtung 12
6.6 Navigieren im Menüsystem 13
7 Betrieb 14
7.1 Laden des Akkus 14
7.2 Die Kamera ein- und ausschalten 14
7.3 Speichern von Bildern 14
7.3.1 Allgemein 14
7.3.2 Speicherkapazität 14
7.3.3 Benennungskonventionen 14
7.3.4 Vorgehensweise 14
7.4 Erneutes Aufrufen von Bildern 14
7.4.1 Allgemein 14
7.4.2 Vorgehensweise 14
7.5 Löschen von Bildern 15
7.5.1 Allgemein 15
7.5.2 Vorgehensweise 15
7.6 Löschen aller Bilder 15
7.6.1 Allgemein 15
7.6.2 Vorgehensweise 15
7.7 Messen der Temperatur mit Hilfe eines Messpunktes 16
7.7.1 Allgemein 16
7.8 Verbergen von Messwerkzeugen 16
7.8.1 Vorgehensweise 16

7.9 Ändern der Farbpalette ... 16
7.9.1 Allgemein ... 16
7.9.2 Vorgehensweise ... 16
7.10 Ändern des Bildmodus ... 16
7.10.1 Allgemein ... 16
7.10.2 Vorgehensweise ... 17
7.11 Ändern der Einstellung der Temperaturskala ... 18
7.11.1 Allgemein ... 18
7.11.2 Verwendung des Modus *Sperren* ... 18
7.11.3 Vorgehensweise ... 18
7.12 Einstellen des Emissionsgrads ... 18
7.12.1 Allgemein ... 18
7.12.2 Vorgehensweise ... 18
7.13 Ändern der reflektierten scheinbaren Temperatur ... 19
7.13.1 Allgemein ... 19
7.13.2 Vorgehensweise ... 19
7.14 Änderungen an der Entfernung vornehmen ... 19
7.14.1 Allgemein ... 19
7.14.2 Vorgehensweise ... 19
7.15 Inhomogenitätskorrektur durchführen ... 20
7.15.1 Was ist eine Inhomongenitätskorrektur? ... 20
7.15.2 Wann eine Inhomogenitätskorrektur durchgeführt werden sollte ... 20
7.15.3 Vorgehensweise ... 20
7.16 Die Kameralampe verwenden ... 20
7.16.1 Allgemein ... 20
7.16.2 Vorgehensweise ... 20
7.17 Ändern der Einstellungen ... 20
7.17.1 Allgemein ... 20
7.17.2 Vorgehensweise ... 21
7.18 Aktualisieren der Kamera ... 21
7.18.1 Allgemein ... 21
7.18.2 Vorgehensweise ... 21
8 Technische Daten ... 23
8.1 Online-Sichtfeldrechner (Field-of-View, FOV) ... 23
8.2 Hinweis zu technischen Daten ... 23
8.3 Hinweis zu maßgeblichen Versionen ... 23
8.4 FLIR C2 ... 24
9 Technische Zeichnungen ... 27
10 CE-Konformitätserklärung ... 28
11 Reinigen der Kamera ... 29
11.1 Kameragehäuse, Kabel und weitere Teile ... 29
11.1.1 Flüssigkeiten ... 29
11.1.2 Ausrüstung ... 29
11.1.3 Vorgehensweise ... 29
11.2 Infrarotobjektiv ... 29
11.2.1 Flüssigkeiten ... 29
11.2.2 Ausrüstung ... 29
11.2.3 Vorgehensweise ... 29
12 Anwendungsbeispiele ... 30
12.1 Feuchtigkeit und Wasserschäden ... 30
12.1.1 Allgemein ... 30
12.1.2 Abbildung ... 30
12.2 Defekter Steckdosenkontakt ... 30

12.2.1 Allgemein 30
12.2.2 Abbildung 31
12.3 Oxidierte Steckdose 31
12.3.1 Allgemein 31
12.3.2 Abbildung 31
12.4 Wärmedämmungsmängel 32
12.4.1 Allgemein 32
12.4.2 Abbildung 32
12.5 Luftzug 33
12.5.1 Allgemein 33
12.5.2 Abbildung 33
13 Informationen zu FLIR Systems 35
13.1 Mehr als nur eine Infrarotkamera 36
13.2 Weitere Informationen 36
13.3 Support für Kunden 37
13.4 Bilder 37
14 Glossar 38
15 Thermografische Messtechniken 41
15.1 Einleitung 41
15.2 Emissionsgrad 41
15.2.1 Ermitteln des Emissionsgrades eines Objekts 41
15.3 Reflektierte scheinbare Temperatur 45
15.4 Abstand 45
15.5 Relative Luftfeuchtigkeit 45
15.6 Weitere Parameter 45
16 Geschichte der Infrarot-Technologie 46
17 Theorie der Thermografie 49
17.1 Einleitung 49
17.2 Das elektromagnetische Spektrum 49
17.3 Strahlung des schwarzen Körpers 49
17.3.1 Planckscher Gesetz 50
17.3.2 Wiensches Verschiebungsgesetz 51
17.3.3 Stefan-Boltzmann-Gesetz 52
17.3.4 Nicht-schwarze Körper als Strahlungsquellen 53
17.4 Halb-transparente Infrarotmaterialien 55
18 Die Messformel 56
19 Emissionstabellen 60
19.1 Referenzen 60
19.2 Tabellen 60

1 Haftungsausschlüsse

1.1 Haftungsausschluss

Für alle von FLIR Systems hergestellten Produkte gilt eine Garantie auf Material- und Produktionsmängel von einem (1) Jahr ab dem Lieferdatum des ursprünglichen Erwerbs, wenn diese Produkte unter normalen Bedingungen und gemäß den Anweisungen von FLIR Systems gelagert, verwendet und betrieben wurden.

Für alle von FLIR Systems hergestellten Infrarothandkameras ohne Kühlsystem gilt eine Garantie auf Material- und Produktionsmängel von zwei (2) Jahren ab Lieferdatum des ursprünglichen Erwerbs, wenn diese Produkte unter normalen Bedingungen und gemäß den Anweisungen von FLIR Systems gelagert, verwendet und betrieben wurden und wenn die Kamera innerhalb von 60 Tagen nach dem ursprünglichen Erwerb registriert wurde.

Für alle von FLIR Systems hergestellten Detektoren für Infrarothandkameras ohne Kühlsystem gilt eine Garantie auf Material- und Produktionsmängel von zehn (10) Jahren ab Lieferdatum des ursprünglichen Erwerbs, wenn diese Produkte unter normalen Bedingungen und gemäß den Anweisungen von FLIR Systems gelagert, verwendet und betrieben wurden und wenn die Kamera innerhalb von 60 Tagen nach dem ursprünglichen Erwerb registriert wurde.

Für Produkte, die in von FLIR Systems an den Erstkäufer gelieferten Systemen enthalten sind, jedoch nicht von FLIR Systems hergestellt wurden, gelten, falls vorhanden, die Garantiebestimmungen des entsprechenden Zulieferers. FLIR Systems übernimmt für solche Produkte keinerlei Haftung.

Die Garantie gilt ausschließlich gegenüber dem Erstkäufer und ist nicht übertragbar. Die Garantie entfällt, wenn Produkte nicht bestimmungsgemäß verwendet, nicht ordnungsgemäß gewartet, durch höhere Gewalt beschädigt oder unter nicht vorgesehenen Betriebsbedingungen eingesetzt wurden. Verschleißteile sind von der Garantie ausgeschlossen.

Um zusätzliche Schäden zu vermeiden, darf ein Produkt, welches unter diese Garantie fällt, im Falle eines Fehlers nicht weiter genutzt werden. Der Käufer ist verpflichtet, FLIR Systems jeden aufgetretenen Fehler sofort zu melden. Andernfalls verliert diese Garantie ihre Gültigkeit.

FLIR Systems wird nach eigenem Ermessen jedes fehlerhafte Produkt kostenlos reparieren oder ersetzen, falls sich nach einer Untersuchung des Produkts herausstellt, dass ein Material- oder Produktionsmangel vorliegt, und das Produkt innerhalb der erwähnten Einjahresfrist an FLIR Systems zurückgegeben wurde.

FLIR Systems übernimmt außer den oben vereinbarten Verpflichtungen und Haftungen für Mängel keine weiteren Verpflichtungen und Haftungen.

Weitere Garantien sind weder ausdrücklich noch stillschweigend vereinbart. Insbesondere lehnt FLIR Systems alle stillschweigenden Garantien der Handelsfähigkeit oder der Eignung für einen bestimmten Zweck ab.

FLIR Systems haftet nicht für unmittelbare, mittelbare, besondere, beiläufig entstandene Schäden oder Folgeschäden und Verluste, unabhängig davon, ob sich diese aus Verträgen, Haftungen aus unerlaubter Handlung oder sonstigen Rechtsgrundlagen ergeben.

Diese Garantie unterliegt schwedischem Recht.

Jegliche Rechtsstreitigkeiten, Klagen oder Forderungen, die sich aus dieser Garantie ergeben oder damit in Verbindung stehen, werden gemäß den Bestimmungen des Schiedsgerichtsinstituts der Handelskammer Stockholm entschieden. Gerichtsstandort ist Stockholm. Das Schiedsverfahren wird in englischer Sprache durchgeführt.

1.2 Nutzungsstatistiken

FLIR Systems behält sich das Recht vor, anonyme Nutzungsstatistiken zur erstellen, um die Qualität der Software und Dienstleistungen des Unternehmens zu sichern und zu verbessern.

1.3 Änderungen der Registrierung

Der Registrierungseintrag HKEY_LOCAL_MACHINE\SYSTEM\CurrentControlSet\Control\Lsa\LmCompatibilityLevel wird automatisch in Stufe 2 geändert, wenn der FLIR Camera Monitor-Dienst erkennt, dass eine FLIRKamera über ein USB-Kabel mit dem Computer verbunden ist. Diese Änderung erfolgt nur, wenn das Kameragerät einen Remote-Netzwerkdienst implementiert, der Netzwerkanmeldungen unterstützt.

1.4 Bestimmungen der US-amerikanischen Regierung

Dieses Produkt unterliegt unter Umständen den US-Ausfuhrbestimmungen. Bitte wenden Sie sich mit Fragen an exportquestions@flir.com.

1.5 Urheberrecht

© 2015, FLIR Systems, Inc. Alle Rechte weltweit vorbehalten. Ohne die vorherige schriftliche Genehmigung von FLIR Systems darf die Software einschließlich des Quellcodes weder ganz noch in Teilen in keiner Form, sei es elektronisch, magnetisch, optisch, manuell oder auf andere Weise, vervielfältigt, übertragen, umgeschrieben oder in eine andere Sprache oder Computersprache übersetzt werden.

Ohne die vorherige schriftliche Zustimmung von FLIR Systems ist es nicht gestattet, diese Dokumentation oder Teile davon zu vervielfältigen, zu photokopieren, zu reproduzieren, zu übersetzen oder auf ein elektronisches Medium oder in eine maschinenlesbare Form zu übertragen.

Namen und Marken, die auf den hierin beschriebenen Produkten erscheinen, sind entweder registrierte Marken oder Marken von FLIR Systems und/oder seinen Niederlassungen. Alle anderen Marken, Handelsnamen oder Firmennamen in dieser Dokumentation werden nur zu Referenzzwecken verwendet und sind das Eigentum der jeweiligen Besitzer.

1.6 Qualitätssicherung

Das für die Entwicklung und Herstellung dieser Produkte eingesetzte Qualitätsmanagementsystem wurde nach dem Standard ISO 9001 zertifiziert.

FLIR Systems setzt auf eine ständige Weiterentwicklung. Aus diesem Grunde behalten wir uns das Recht vor, an allen Produkten Änderungen und Verbesserungen ohne vorherige Ankündigung vorzunehmen.

1.7 Patente

Eines oder mehrere der folgenden Patente und/oder Geschmacksmuster kann für die Produkte und/oder Eigenschaften gelten. Weitere angemeldete Patente und/oder Geschmacksmuster können ebenfalls gelten.

000279476-0001; 000439161; 000499579-0001; 000653423; 000726344; 000859020; 001106306-0001; 001707738; 001707746; 001707787; 001776519; 001954074; 002021543; 002058180; 002249953; 002531178; 0600574-8; 1144833; 1182246; 1182620; 1285345; 1299699; 1325808; 1336775; 1391114; 1402918; 1404291; 1411581; 1415075; 1421497; 1458284; 1678485; 1732314; 2106017; 2107799; 2381417; 3006596; 3006597; 466540; 483782; 484155; 4889913; 5177595; 60122153.2; 602004011681.5-08; 6707044; 68657; 7034300; 7110035; 7154093; 7157705; 7237946; 7312822; 7332716; 7336823; 7544944; 7667198; 7809258 B2; 7826736; 8,153,971; 8,823,803; 8,853,631; 8018649 B2; 8212210 B2; 8289372; 8354639 B2; 8384783; 8520970; 8565547; 8595689; 8599262; 8654239; 8680468; 8803093; D540838; D549758; D579475; D584755; D599,392; D615,113; D664,580; D664,581; D665,004; D665,440; D677298; D710,424 S; D718801; DI6702302-9; DI6903617-9; DI7002221-6; DI7002891-5; DI7002892-3; DI7005799-0; DM/057692; DM/061609; EP 2115696 B1; EP2315433; SE 0700240-5; US 8340414 B2; ZL 201330267619.5; ZL01823221.3; ZL01823226.4; ZL02331553.9; ZL02331554.7; ZL200480034894.0; ZL200530120994.2; ZL200610088759.5; ZL200630130114.4; ZL200730151141.4; ZL200730339504.7; ZL200820105768.8; ZL200830128581.2; ZL200880105236.4; ZL200880105769.2; ZL200930190061.9; ZL201030176127.1; ZL201030176130.3; ZL201030176157.2; ZL201030595931.3; ZL201130442354.9; ZL201230471744.3; ZL201230620731.8.

1.8 EULA Terms

- You have acquired a device (“INFRARED CAMERA”) that includes software licensed by FLIR Systems AB from Microsoft Licensing, GP or its affiliates (“MS”). Those installed software products of MS origin, as well as associated media, printed materials, and “online” or electronic documentation (“SOFTWARE”) are protected by international intellectual property laws and treaties. The SOFTWARE is licensed, not sold. All rights reserved.
- IF YOU DO NOT AGREE TO THIS END USER LICENSE AGREEMENT (“EULA”), DO NOT USE THE DEVICE OR COPY THE SOFTWARE. INSTEAD, PROMPTLY CONTACT FLIR Systems AB FOR INSTRUCTIONS ON RETURN OF THE UNUSED DEVICE(S) FOR A REFUND. **ANY USE OF THE SOFTWARE, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO USE ON THE DEVICE, WILL CONSTITUTE YOUR AGREEMENT TO THIS EULA (OR RATIFICATION OF ANY PREVIOUS CONSENT).**
- **GRANT OF SOFTWARE LICENSE.** This EULA grants you the following license:
  - You may use the SOFTWARE only on the DEVICE.
  - **NOT FAULT TOLERANT.** THE SOFTWARE IS NOT FAULT TOLERANT. FLIR Systems AB HAS INDEPENDENTLY DETERMINED HOW TO USE THE SOFTWARE IN THE DEVICE, AND MS HAS RELIED UPON FLIR Systems AB TO CONDUCT SUFFICIENT TESTING TO DETERMINE THAT THE SOFTWARE IS SUITABLE FOR SUCH USE.
  - **NO WARRANTIES FOR THE SOFTWARE.** THE SOFTWARE is provided “AS IS” and with all faults. THE ENTIRE RISK AS TO SATISFACTORY QUALITY, PERFORMANCE, ACCURACY, AND EFFORT (INCLUDING LACK OF NEGLIGENCE) IS WITH YOU. ALSO, THERE IS NO WARRANTY AGAINST INTERFERENCE WITH YOUR ENJOYMENT OF THE SOFTWARE OR AGAINST INFRINGEMENT. **IF YOU HAVE RECEIVED ANY WARRANTIES REGARDING THE DEVICE OR THE SOFTWARE, THOSE WARRANTIES DO NOT ORIGINATE FROM, AND ARE NOT BINDING ON, MS.**
  - No Liability for Certain Damages. **EXCEPT AS PROHIBITED BY LAW, MS SHALL HAVE NO LIABILITY FOR ANY INDIRECT, SPECIAL, CONSEQUENTIAL OR INCIDENTAL DAMAGES ARISING FROM OR IN CONNECTION WITH THE USE OR PERFORMANCE OF THE SOFTWARE. THIS LIMITATION SHALL APPLY EVEN IF ANY REMEDY FAILS OF ITS ESSENTIAL PURPOSE. IN NO EVENT SHALL MS BE LIABLE FOR ANY AMOUNT IN EXCESS OF U.S. TWO HUNDRED FIFTY DOLLARS (U.S.$250.00).**
  - **Limitations on Reverse Engineering, Decompilation, and Disassembly.** You may not reverse engineer, decompile, or disassemble the SOFTWARE, except and only to the extent that such activity is expressly permitted by applicable law notwithstanding this limitation.
  - **SOFTWARE TRANSFER ALLOWED BUT WITH RESTRICTIONS.** You may permanently transfer rights under this EULA only as part of a permanent sale or transfer of the Device, and only if the recipient agrees to this EULA. If the SOFTWARE is an upgrade, any transfer must also include all prior versions of the SOFTWARE.
  - **EXPORT RESTRICTIONS.** You acknowledge that SOFTWARE is subject to U.S. export jurisdiction. You agree to comply with all applicable international and national laws that apply to the SOFTWARE, including the U.S. Export Administration Regulations, as well as end-user, end-use and destination restrictions issued by U.S. and other governments. For additional information see http://www.microsoft.com/exporting/.

1.9 EULA Terms

Qt4 Core and Qt4 GUI, Copyright ©2013 Nokia Corporation and FLIR Systems AB. This Qt library is a free software; you can redistribute it and/or modify it under the terms of the GNU Lesser General Public License as published by the Free Software Foundation; either version 2.1 of the License, or (at your option) any later version. This library is distributed in the hope that it will be useful, but WITHOUT ANY WARRANTY; without even the implied warranty of MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. See the GNU Lesser General Public License, http://www.gnu.org/licenses/lgpl-2.1.html. The source code for the libraries Qt4 Core and Qt4 GUI may be requested from FLIR Systems AB.

2 Sicherheitsinformationen

⚠ WARNUNG

Anwendungsbereich: Kameras mit einem oder mehreren Akkus.

Bauen Sie den Akku niemals auseinander und manipulieren Sie ihn nicht. Der Akku verfügt über Sicherheits- und Schutzmechanismen. Wenn diese beschädigt werden, kann sich der Akku erhitzen, entzünden oder explodieren.

⚠ WARNUNG

Anwendungsbereich: Kameras mit einem oder mehreren Akkus.

Sollten Sie Batterieflüssigkeit in die Augen bekommen, reiben Sie Ihre Augen auf keinen Fall. Spülen Sie sie mit reichlich Wasser aus, und suchen Sie umgehend einen Arzt auf. Ergreifen Sie diese Maßnahmen nicht, kann die Batterieflüssigkeit Ihre Augen ernsthaft verletzen.

⚠ WARNUNG

Anwendungsbereich: Kameras mit einem oder mehreren Akkus.

Wenn der Akku sich nicht innerhalb der angegebenen Zeit auflädt, setzen Sie den Ladevorgang nicht fort. Laden Sie den Akku länger als angegeben, kann dieser heiß werden und explodieren oder sich entzünden. Personen könnten dabei verletzt werden.

⚠ WARNUNG

Anwendungsbereich: Kameras mit einem oder mehreren Akkus.

Verwenden Sie zum Entladen des Akkus nur die dafür vorgesehene Ausrüstung. Wenn Sie nicht die dafür vorgesehene Ausrüstung verwenden, kann sich dies negativ auf die Leistung oder die Lebensdauer des Akkus auswirken. Wenn Sie nicht die richtige Ausrüstung verwenden, erhält der Akku möglicherweise eine falsche Spannung. Dadurch kann sich der Akku erhitzen oder gar explodieren. Personen könnten verletzt werden.

⚠ WARNUNG

Lesen Sie unbedingt alle entsprechenden MSDS (Material Safety Data Sheets, Sicherheitsdatenblätter) und Warnhinweise auf den Behältern durch, bevor Sie eine Flüssigkeit verwenden. Die Flüssigkeiten können gefährlich sein. Personen könnten verletzt werden.

⚠ VORSICHT

Richten Sie die Infrarotkamera (mit oder ohne Objektivkappe) niemals auf starke Strahlungsquellen wie beispielsweise Geräte, die Laserstrahlen abgeben. Richten Sie sie auch nicht auf die Sonne. Dies könnte unerwünschte Auswirkungen auf die Genauigkeit der Kamera haben. Der Detektor in der Kamera könnte sogar beschädigt werden.

⚠ VORSICHT

Verwenden Sie die Kamera nicht bei Temperaturen von über +50 °C, sofern in der Benutzerdokumentation oder den technischen Daten nicht anders angegeben. Hohe Temperaturen können die Kamera beschädigen.

⚠ VORSICHT

Anwendungsbereich: Kameras mit einem oder mehreren Akkus.

Schließen Sie die Akkus niemals direkt an einen Pkw-Zigarettenanzünder an, es sei denn, es wurde von FLIR Systems ein spezieller Adapter zum Anschließen der Akkus an den Zigarettenanzünder bereitgestellt. Sonst könnten die Akkus beschädigt werden.

⚠ VORSICHT

Anwendungsbereich: Kameras mit einem oder mehreren Akkus.

Überbrücken Sie den Plus- und Minuspol eines Akkus niemals mit einem metallischen Gegenstand wie einem Draht. Sonst könnten die Akkus beschädigt werden.

VORSICHT

Anwendungsbereich: Kameras mit einem oder mehreren Akkus.

Setzen Sie den Akku niemals Wasser oder Salzwasser aus, und lassen Sie ihn nicht nass werden. Sonst könnten die Akkus beschädigt werden.

VORSICHT

Anwendungsbereich: Kameras mit einem oder mehreren Akkus.

Beschädigen Sie den Akku niemals mit spitzen Gegenständen. Sonst könnte der Akku beschädigt werden.

VORSICHT

Anwendungsbereich: Kameras mit einem oder mehreren Akkus.

Schlagen Sie niemals mit dem Hammer auf den Akku. Sonst könnte der Akku beschädigt werden.

VORSICHT

Anwendungsbereich: Kameras mit einem oder mehreren Akkus.

Treten Sie nicht auf den Akku und setzen Sie ihn niemals Schlägen oder Erschütterungen aus. Sonst könnte der Akku beschädigt werden.

VORSICHT

Anwendungsbereich: Kameras mit einem oder mehreren Akkus.

Setzen Sie die Akkus niemals offenem Feuer oder direkter Sonneneinstrahlung aus. Wenn sich der Akku erhitzt, wird der eingebaute Sicherheitsmechanismus aktiviert, der ein weiteres Aufladen des Akkus verhindert. Wenn der Akku heiß wird, kann der Sicherheitsmechanismus beschädigt werden und zur weiteren Erhitzung, Beschädigung oder Entzündung des Akkus führen.

VORSICHT

Anwendungsbereich: Kameras mit einem oder mehreren Akkus.

Setzen Sie den Akku unter keinen Umständen Feuer oder großer Hitze aus. Sonst können der Akku beschädigt oder Personen verletzt werden.

VORSICHT

Anwendungsbereich: Kameras mit einem oder mehreren Akkus.

Halten Sie den Akku von offenem Feuer, Herdplatten oder anderen Stellen fern, an denen hohe Temperaturen herrschen. Sonst können der Akku beschädigt oder Personen verletzt werden.

VORSICHT

Anwendungsbereich: Kameras mit einem oder mehreren Akkus.

Versuchen Sie niemals, am Akku etwas zu löten. Sonst könnte der Akku beschädigt werden.

VORSICHT

Anwendungsbereich: Kameras mit einem oder mehreren Akkus.

Ziehen Sie den Akku aus dem Verkehr, wenn dieser während des Betriebs, Ladens oder Aufbewahrens einen ungewöhnlichen Geruch verströmt, sich heiß anfühlt, sich in Farbe oder Form verändert oder sonstige Anomalitäten aufweist. Wenn eines dieser Symptome auftritt, setzen Sie sich mit Ihrer Vertriebsstelle in Verbindung. Sonst können der Akku beschädigt oder Personen verletzt werden.

VORSICHT

Anwendungsbereich: Kameras mit einem oder mehreren Akkus.

Verwenden Sie zum Laden des Akkus nur empfohlene Ladegeräte. Sonst könnte der Akku beschädigt werden.

VORSICHT

Anwendungsbereich: Kameras mit einem oder mehreren Akkus.

Der Akku muss bei Temperaturen zwischen ±0 °C und +45 °C geladen werden, sofern in der Benutzerdokumentation oder den technischen Daten nicht anders angegeben. Wenn der Akku bei Temperaturen außerhalb dieses Bereichs geladen wird, kann der Akku heiß werden oder aufbrechen. Außerdem kann dadurch die Leistung und Lebensdauer des Akkus beeinträchtigt werden.

VORSICHT

Anwendungsbereich: Kameras mit einem oder mehreren Akkus.

Das Entladen des Akkus muss bei Temperaturen zwischen -15 °C und +50 °C erfolgen, sofern in der Benutzerdokumentation oder den technischen Daten nicht anders angegeben. Der Einsatz des Akkus bei Temperaturen außerhalb des angegebenen Bereichs kann die Leistung und Lebensdauer des Akkus beeinträchtigen.

VORSICHT

Anwendungsbereich: Kameras mit einem oder mehreren Akkus.

Wenn der Akku defekt ist, isolieren Sie die Pole vor der Entsorgung mit Klebeband oder etwas Ähnlichem. Sonst könnte der Akku beschädigt oder Personen verletzt werden.

VORSICHT

Anwendungsbereich: Kameras mit einem oder mehreren Akkus.

Entfernen Sie vor dem Einbau des Akkus Wasser oder Feuchtigkeit auf dem Akku. Sonst könnte der Akku beschädigt werden.

VORSICHT

Verwenden Sie niemals Verdünnungsmittel oder ähnliche Flüssigkeiten für Kamera, Kabel oder Zubehör. Sonst können der Akku beschädigt oder Personen verletzt werden.

VORSICHT

Beim Reinigen des Infrarotobjektivs ist besondere Vorsicht geboten. Das Objektiv verfügt über eine Antireflexbeschichtung, die leicht beschädigt werden kann. Das Infrarotobjektiv könnte beschädigt werden.

VORSICHT

Wenden Sie beim Reinigen des Infrarotobjektivs keine übermäßige Kraft auf. Sonst könnte die Antireflexbeschichtung beschädigt werden.

HINWEIS

Die Gehäuseschutzklassifizierung ist nur gültig, wenn alle Öffnungen Ihrer Kamera mit den entsprechenden Abdeckungen, Klappen oder Kappen verschlossen sind. Dies gilt auch für die Fächer der Speichermedien, Akkus und Anschlüsse.

3 Hinweise für Benutzer

3.1 Benutzerforen

In unseren Benutzerforen können Sie sich mit anderen Thermografen auf der ganzen Welt über Ideen, Probleme und Infrarotlösungen austauschen. Die Foren finden Sie hier:

http://www.infraredtraining.com/community/boards/

3.2 Kalibrierung

Wir empfehlen, die Kamera einmal pro Jahr zur Kalibrierung einzusenden. Wenden Sie sich an Ihre Vertriebsstelle, um entsprechende Informationen zu erhalten.

3.3 Genauigkeit

Um sehr genaue Ergebnisse zu erzielen, sollten Sie erst 5 Minuten nach dem Einschalten der Kamera eine Temperaturmessung vornehmen.

3.4 Entsorgung elektronischer Geräte

Dieses Gerät muss wie die meisten anderen elektronischen Geräte auf umweltfreundliche Weise und gemäß den geltenden Bestimmungen für elektronische Geräte entsorgt werden.

Weitere Informationen erhalten Sie bei Ihrem FLIR Systems-Ansprechpartner.

3.5 Schulung

Informationen zu Schulungen im Bereich Infrarottechnik finden Sie hier:

- http://www.infraredtraining.com
- http://www.irtraining.com
- http://www.irtraining.eu

3.6 Aktualisierung der Dokumentation

Unsere Handbücher werden mehrmals jährlich aktualisiert. Zudem veröffentlichen wir regelmäßig auch wichtige Änderungsmitteilungen zu Produkten.

Die neuesten Handbücher und Mitteilungen finden Sie in der Registerkarte Download unter:

http://support.flir.com

Die Online-Registrierung dauert nur wenige Minuten. Im Download-Bereich finden Sie auch die neuesten Versionen von Handbüchern unserer anderen Produkte sowie Handbücher für historische und ausgelaufene Modelle.

3.7 Wichtiger Hinweis zu diesem Handbuch

FLIR Systems veröffentlicht generische Handbücher, die sich auf mehrere Kameras einer Modellreihe beziehen.

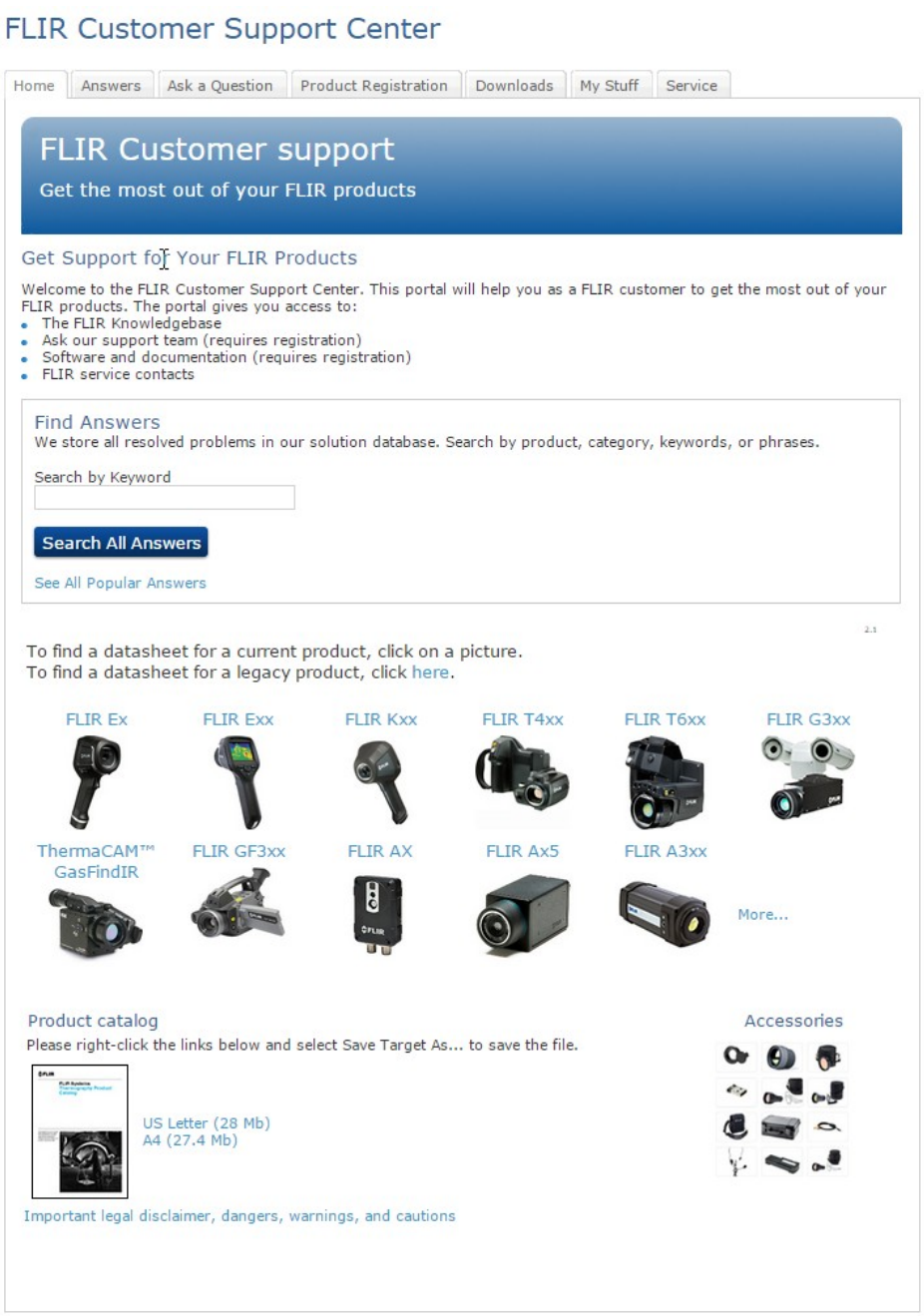
Das bedeutet, dass dieses Handbuch Beschreibungen und Erläuterungen enthalten kann, die möglicherweise nicht auf Ihr Kameramodell zutreffen.

3.8 Hinweis zu maßgeblichen Versionen

Die englische Ausgabe ist die maßgebliche Version dieser Veröffentlichung. Bei Abweichungen aufgrund von Übersetzungsfehlern gilt der englische Text.

Alle nachträglichen Änderungen werden zuerst in die englische Ausgabe eingearbeitet.

4 Hilfe für Kunden


FLIR Customer Support Center
Home
Answers
Ask a Question
Product Registration
Downloads
My Stuff
Service
FLIR Customer support
Get the most out of your FLIR products
Get Support for Your FLIR Products
Welcome to the FLIR Customer Support Center. This portal will help you as a FLIR customer to get the most out of your FLIR products. The portal gives you access to:
The FLIR Knowledgebase
Ask our support team (requires registration)
Software and documentation (requires registration)
FLIR service contacts
Find Answers
We store all resolved problems in our solution database. Search by product, category, keywords, or phrases.
Search by Keyword
Search All Answers
See All Popular Answers
To find a datasheet for a current product, click on a picture.
To find a datasheet for a legacy product, click here.
FLIR Ex
FLIR Exx
FLIR Kxx
FLIR T4xx
FLIR T6xx
FLIR G3xx
ThermaCAM™ GasFindIR
FLIR GF3xx
FLIR AX
FLIR Ax5
FLIR A3xx
More...
Product catalog
Please right-click the links below and select Save Target As... to save the file.
US Letter (28 Mb)
A4 (27.4 Mb)
Accessories
Important legal disclaimer, dangers, warnings, and cautions

4.1 Allgemein

Die Kundenhilfe finden Sie hier:

http://support.flir.com

4.2 Fragen stellen

Um eine Frage an das Team der Kundenhilfe stellen zu können, müssen Sie sich als Benutzer registrieren. Die Online-Registrierung nimmt nur wenige Minuten in Anspruch. Sie müssen kein registrierter Benutzer sein, um in der Informationsdatenbank nach vorhandenen Fragen und Antworten suchen zu können.

Wenn Sie eine Frage stellen möchten, sollten Sie folgende Informationen zur Hand haben:

- Kameramodell
- Seriennummer der Kamera
- Kommunikationsmodell oder -methode zwischen Kamera und Ihrem Gerät (z. B. HDMI Ethernet, USB oder FireWire)
- Gerätetyp (PC/Mac/iPhone/iPad/Android-Gerät usw.)
- Versionen sämtlicher Programme von FLIR Systems
- Vollständiger Name, Veröffentlichungs- und Revisionsnummer des Handbuchs

4.3 Downloads

Darüber hinaus sind auf der Website der Kundenhilfe folgende Downloads verfügbar:

- Firmware-Updates für Ihre Infrarotkamera.
- Programm-Updates für Ihre PC-/Mac-Software
- Freeware und Evaluierungsversionen von PC-/Mac-Software.
- Benutzerdokumentation für aktuelle, ausgelaufene und historische Produkte.
- Technische Zeichnungen (im *.dxf- und *.pdf-Format).
- CAD-Datenmodelle (im *.stp-Format).
- Anwendungsberichte.
- Technische Datenblätter.
- Produktkataloge.

5 Schnelleinstieg

5.1 Vorgehensweise

Gehen Sie folgendermaßen vor:

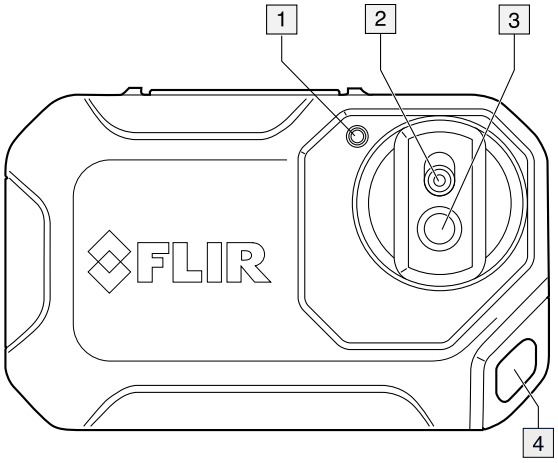
1. Laden Sie den Akku etwa 1,5 Stunden mithilfe des FLIR Netzteils auf.
2. Drücken Sie die Ein/Aus-Taste ⏻, um die Kamera einzuschalten.
3. Richten Sie die Kamera auf das gewünschte Ziel.
4. Drücken Sie die Speichern-Taste, um ein Bild zu speichern.

(Optionale Schritte)

5. Installieren Sie FLIR Tools auf Ihrem Computer.
6. Starten Sie FLIR Tools.
7. Schließen Sie die Kamera über das USB-Kabel an Ihren Computer an.
8. Importieren Sie die Bilder in FLIR Tools.
9. Erstellen Sie in FLIR Tools einen PDF-Bericht.

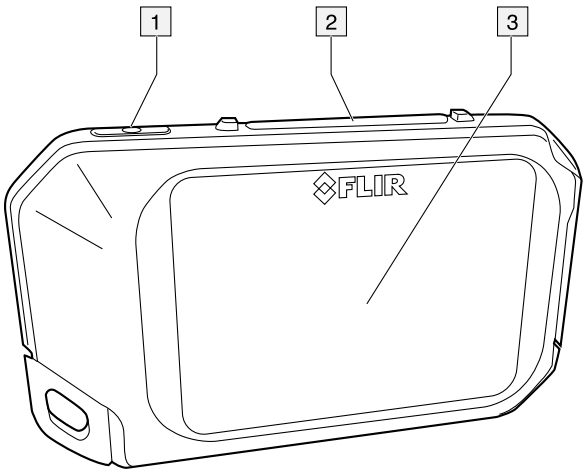
6 Beschreibung

6.1 Ansicht von vorn



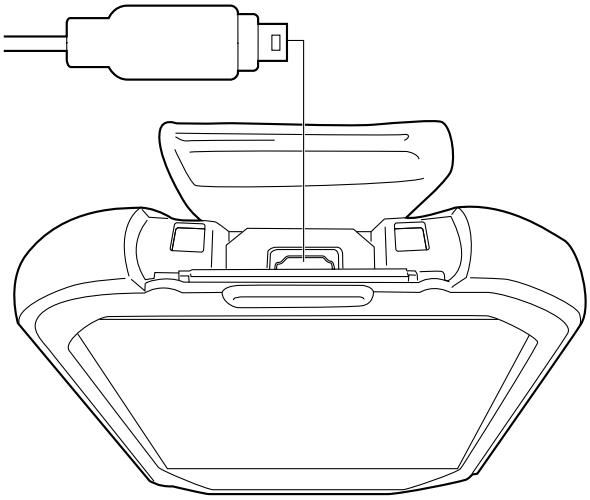
1. Kameralampe.
2. Digitalkameraobjektiv.
3. Infrarotobjektiv.
4. Öse.

6.2 Rückansicht



1. Ein/Aus-Taste.
2. Schaltfläche Speichern.
3. Kamerabildschirm.

6.3 Anschluss



Mit diesem USB Micro-B-Stecker können Sie:

- den Akku über das FLIR Netzteil laden.
- Bilder von der Kamera auf einen Computer verschieben, um sie in FLIR Tools zu analysieren.

	HINWEIS
Installieren Sie FLIR Tools auf Ihrem Computer, bevor Sie die Bilder verschieben.	

6.4 Bildschirmelemente

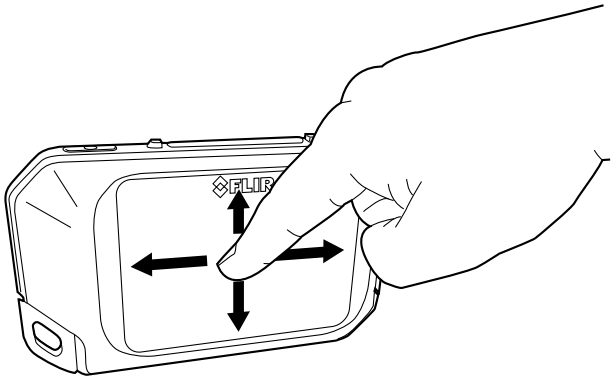
1. Hauptmenüleiste.
2. Untermenüleiste.
3. Ergebnistabelle.
4. Statussymbole.
5. Temperaturskala.
6. Messpunkt.

6.5 Automatische Ausrichtung

Die Kamera verfügt über eine Funktion für die automatische Ausrichtung, d. h., die Kamera passt automatisch die Messdaten auf dem Display an die vertikale oder horizontale Position der Kamera an.

	HINWEIS
Die Funktion zur automatischen Ausrichtung wird mithilfe einer Einstellung aktiviert. Wählen Sie *Optionen* > *Geräteeinstellungen* > *Autom. Ausrichtung* > *Ein*.	

6.6 Navigieren im Menüsystem



Die Kamera hat einen Touchscreen. Mit dem Zeigefinger oder einem Eingabestift, der speziell für die Verwendung mit kapazitiven Touchscreens entwickelt wurde, können Sie durch das Menüsystem navigieren.

Tippen Sie auf den Kamerabildschirm, um das Menüsystem anzuzeigen.

7 Betrieb

7.1 Laden des Akkus

Gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Verbinden Sie das FLIR Netzteil mit einer Steckdose.
2. Verbinden Sie das Kabel des Netzteils mit dem USB-Anschluss der Kamera.

7.2 Die Kamera ein- und ausschalten

- Drücken Sie die Ein/Aus-Taste, um die Kamera einzuschalten.
- Halten Sie die Ein/Aus-Taste solange gedrückt, bis sich der Bildschirm ausschaltet (weniger als 5 Sekunden), um die Kamera in den Standby-Modus zu versetzen. Die Kamera schaltet sich automatisch nach 2 Stunden aus.
- Halten Sie die Ein/Aus-Taste länger als 5 Sekunden gedrückt, um die Kamera auszuschalten.

7.3 Speichern von Bildern

7.3.1 Allgemein

Sie können Bilder im internen Kameraspeicher speichern.

Die Kamera speichert gleichzeitig ein Wärmebild und ein Tageslichtbild.

7.3.2 Speicherkapazität

Im internen Kameraspeicher können ungefähr 500 Bilder gespeichert werden.

7.3.3 Benennungskonventionen

Bilder werden standardmäßig mit *FLIRxxxx.jpg* benannt, wobei mit *xxxx* automatische durchnummeriert wird.

7.3.4 Vorgehensweise

Gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Drücken Sie zum Speichern eines Bilds die Speichern-Taste.

7.4 Erneutes Aufrufen von Bildern

7.4.1 Allgemein

Wenn Sie ein Bild speichern, wird es im internen Kameraspeicher gespeichert. Um das Bild erneut anzuzeigen, können Sie es aus dem internen Kameraspeicher abrufen.

7.4.2 Vorgehensweise

Gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Tippen Sie auf den Kamerabildschirm. Daraufhin wird die Hauptmenüleiste angezeigt.
2. Wählen Sie *Bilder* . Daraufhin wird ein Bild im Bildarchiv angezeigt.
3. Führen Sie eine der folgenden Aktionen aus, um das vorherige oder nächste Bild anzuzeigen:
   - Streichen Sie mit dem Finger nach links oder rechts.
   - Tippen Sie auf den linken Pfeil ‹ oder den rechten Pfeil › .
4. Um zwischen einem Wärmebild und einem Tageslichtbild zu wechseln, streichen Sie mit dem Finger nach oben oder unten.

5. Tippen Sie auf den Kamerabildschirm. Daraufhin wird eine Symbolleiste angezeigt.
   - Wählen Sie *Vollbild* oder *Vollbildmodus verlassen* , um zwischen der Vollbild- und der Normalansicht zu wechseln.
   - Wählen Sie *Miniaturansichten* , um die Miniaturansichten der gespeicherten Bilder anzuzeigen. Um die Anzeige der Miniaturansichten zu scrollen, streichen Sie mit dem Finger nach oben oder unten. Tippen Sie auf die entsprechende Miniaturansicht, um das betreffende Bild anzuzeigen.
   - Wählen Sie *Löschen* , um das Bild zu löschen.
   - Wählen Sie *Info* , um Informationen über das Bild anzuzeigen.
   - Wählen Sie *Kamera* , um den Livemodus wiederherzustellen.

7.5 Löschen von Bildern

7.5.1 Allgemein

Sie können ein Bild aus dem internen Kameraspeicher löschen.

7.5.2 Vorgehensweise

Gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Tippen Sie auf den Kamerabildschirm. Daraufhin wird die Hauptmenüleiste angezeigt.
2. Wählen Sie *Bilder* . Daraufhin wird ein Bild im Bildarchiv angezeigt.
3. Führen Sie eine der folgenden Aktionen aus, um das vorherige oder nächste Bild anzuzeigen:
   - Streichen Sie mit dem Finger nach links oder rechts.
   - Tippen Sie auf den linken Pfeil oder den rechten Pfeil .
4. Wenn das gewünschte Bild angezeigt wird, tippen Sie auf den Kamerabildschirm. Daraufhin wird eine Symbolleiste angezeigt.
5. Wählen Sie in der Symbolleiste *Löschen* aus. Daraufhin wird ein Dialogfeld angezeigt.
6. Wählen Sie im Dialogfeld *Löschen*.
7. Um in den Livemodus zurückzukehren, tippen Sie auf den Kamerabildschirm, und wählen Sie *Kamera* .

7.6 Löschen aller Bilder

7.6.1 Allgemein

Sie können alle Bilder aus dem internen Kameraspeicher löschen.

7.6.2 Vorgehensweise

Gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Tippen Sie auf den Kamerabildschirm. Daraufhin wird die Hauptmenüleiste angezeigt.
2. Wählen Sie *Optionen* . Daraufhin wird ein Dialogfeld angezeigt.
3. Wählen Sie im Dialogfeld *Geräteeinstellungen* aus. Daraufhin wird ein Dialogfeld angezeigt.
4. Wählen Sie im Dialogfeld *Zurücksetzen* aus. Daraufhin wird ein Dialogfeld angezeigt.

5. Wählen Sie im Dialogfeld *Alle gespeicherten Bilder löschen* aus. Daraufhin wird ein Dialogfeld angezeigt.
6. Wählen Sie im Dialogfeld *Löschen*.
7. Tippen Sie mehrmals auf den oberen linken Pfeil , um in den Livemodus zurückzukehren. Sie können auch einmal auf die Speichern-Taste drücken.

7.7 Messen der Temperatur mit Hilfe eines Messpunktes

7.7.1 Allgemein

Sie können einen Temperaturwert mithilfe eines Messpunktes ermitteln. Dieser zeigt die Temperatur an der Position des Messpunktes auf dem Bildschirm an.

7.7.1.1 Vorgehensweise

Gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Tippen Sie auf den Kamerabildschirm. Daraufhin wird die Hauptmenüleiste angezeigt.
2. Wählen Sie *Messung* . Daraufhin wird eine Untermenüleiste angezeigt.
3. Wählen Sie auf der Untermenüleiste *Zentraler Messpunkt* .

   Die Temperatur an der Position des Messpunktes wird nun in der oberen linken Ecke des Bildschirms angezeigt.

7.8 Verbergen von Messwerkzeugen

7.8.1 Vorgehensweise

Gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Tippen Sie auf den Kamerabildschirm. Daraufhin wird die Hauptmenüleiste angezeigt.
2. Wählen Sie *Messung* . Daraufhin wird eine Untermenüleiste angezeigt.
3. Wählen Sie auf der Untermenüleiste *Keine Messungen* .

7.9 Ändern der Farbpalette

7.9.1 Allgemein

Sie können die Farbpalette ändern, mit der die Kamera die verschiedenen Temperaturen anzeigt. Eine andere Palette kann die Analyse eines Bildes erleichtern.

7.9.2 Vorgehensweise

Gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Tippen Sie auf den Kamerabildschirm. Daraufhin wird die Hauptmenüleiste angezeigt.
2. Wählen Sie *Farbe* . Daraufhin wird eine Untermenüleiste angezeigt.
3. Wählen Sie auf der Untermenüleiste die gewünschte Farbpalette aus:
   - *Eisen*.
   - *Regenbogen*.
   - *Regenbogen HC*.
   - *Grau*.

7.10 Ändern des Bildmodus

7.10.1 Allgemein

Die Kamera erfasst gleichzeitig Wärme- und Tageslichtbilder. Über den Bildmodus können Sie auswählen, welcher Bildtyp auf dem Bildschirm angezeigt wird.

Die Kamera unterstützt die folgenden Bildmodi:

- *MSX* (Multi Spectral Dynamic Imaging): Die Kamera zeigt ein Infrarotbild an, bei dem die Objektkanten durch Konturen des Tageslichtbilds verstärkt werden.

- *Infrarot*: Die Kamera zeigt ein vollständiges Infrarotbild an.

- *Digitalkamera*: Die Kamera zeigt nur das Tageslichtbild an, das von der Digitalkamera erfasst wurde.

Um ein gutes Fusionsbild (Modus *MSX*) anzuzeigen, muss die Kamera eine Justierung vornehmen, die den kleinen Positionsunterschied zwischen dem Objektiv der Digitalkamera und dem Infrarotobjektiv kompensiert. Zur genauen Bildeinstellung benötigt die Kamera den Ausrichtungsabstand (d. h. den Abstand zum Objekt).

7.10.2 Vorgehensweise

Gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Tippen Sie auf den Kamerabildschirm. Daraufhin wird die Hauptmenüleiste angezeigt.
2. Wählen Sie *Bildmodus* . Daraufhin wird eine Untermenüleiste angezeigt.
3. Wählen Sie auf der Untermenüleiste einen der folgenden Modi aus:
   - *MSX* .
   - *Infrarot* .
   - *Digitalkamera* .

4. Wenn Sie den Modus *MSX* ausgewählt haben, legen Sie auch den Abstand zum Objekt fest, indem Sie wie folgt vorgehen:
   - Wählen Sie auf der Untermenüleiste *Ausrichtungsabstand* aus. Daraufhin wird ein Dialogfeld angezeigt.
   - Wählen Sie im Dialogfeld den Abstand zum Objekt aus:

7.11 Ändern der Einstellung der Temperaturskala

7.11.1 Allgemein

Es gibt zwei verschiedene Einstellungen für die Temperaturskala der Kamera:

- Modus *Automatisch*: Kontrast und Helligkeit des Bildes werden kontinuierlich automatisch angepasst.
- Modus *Sperren*: Die Kamera sperrt Temperaturspanne und Temperaturniveau.

7.11.2 Verwendung des Modus Sperren

Der Modus *Sperren* wird in der Regel verwendet, um nach Temperaturanomalien bei zwei Gegenständen mit ähnlichem Design oder ähnlicher Konstruktion zu suchen.

Sie untersuchen beispielsweise zwei Kabel und vermuten, dass eines überhitzt ist. Wenn sich die Kamera im Modus *Automatisch* befindet, richten Sie die Kamera auf das Kabel mit einer normalen Temperatur und aktivieren dann den Modus *Sperren*. Wenn Sie die Kamera im Modus *Sperren* auf das vermutlich überhitzte Kabel richten, wird das Kabel im Wärmebild in einer *helleren* Farbe dargestellt, wenn dessen Temperatur *höher* als die des ersten Kabels ist.

Wenn Sie stattdessen den Modus *Automatisch* verwenden, kann es sein, dass beide Gegenstände trotz ihrer Temperaturunterschiede in derselben Farbe dargestellt werden.

7.11.3 Vorgehensweise

Tippen Sie in der Temperaturskala auf den oberen oder unteren Temperaturwert, um zwischen den Modi *Automatisch* und *Sperren* zu wechseln.

Ein Symbol in Form eines grauen Vorhängeschlosses gibt an, dass der Modus *Sperren* aktiv ist.

7.12 Einstellen des Emissionsgrads

7.12.1 Allgemein

Um Temperaturen exakt messen zu können, muss die Kamera die Art der zu untersuchenden Oberfläche kennen. Sie können folgende Oberflächeneigenschaften auswählen:

- *Matt*.
- *Seidenmatt*.
- *Seidenglänzend*.

Alternativ können Sie einen benutzerdefinierten Wert für den Emissionsgrad einstellen.

Weitere Informationen zum Emissionsgrad finden Sie im Abschnitt 15 *Thermografische Messtechniken*, Seite 41.

7.12.2 Vorgehensweise

Gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Tippen Sie auf den Kamerabildschirm. Daraufhin wird die Hauptmenüleiste angezeigt.
2. Wählen Sie *Optionen* . Daraufhin wird ein Dialogfeld angezeigt.
3. Wählen Sie im Dialogfeld *Messparameter* aus. Daraufhin wird ein Dialogfeld angezeigt.

4. Wählen Sie im Dialogfeld *Emissionsgrad* aus. Daraufhin wird ein Dialogfeld angezeigt.
5. Wählen Sie im Dialogfeld eine der folgenden Optionen aus:
   - *Matt*.
   - *Seidenmatt*.
   - *Seidenglänzend*.
   - *Benutzerdefinierter Wert* Daraufhin wird ein Dialogfeld angezeigt, in dem Sie einen Wert einstellen können.
6. Tippen Sie mehrmals auf den oberen linken Pfeil ‹ , um in den Livemodus zurückzukehren. Sie können auch einmal auf die Speichern-Taste drücken.

7.13 Ändern der reflektierten scheinbaren Temperatur

7.13.1 Allgemein

Dieser Parameter dient als Ausgleich für die Strahlung, die vom Objekt reflektiert wird. Wenn der Emissionsgrad niedrig ist und sich die Objekttemperatur deutlich von der reflektierten Temperatur unterscheidet, muss die reflektierte scheinbare Temperatur unbedingt korrekt eingestellt und kompensiert werden.

Weitere Informationen zu den reflektierten scheinbaren Temperaturen finden Sie unter 15 *Thermografische Messtechniken*, Seite 41.

7.13.2 Vorgehensweise

Gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Tippen Sie auf den Kamerabildschirm. Daraufhin wird die Hauptmenüleiste angezeigt.
2. Wählen Sie *Optionen* ⚙ . Daraufhin wird ein Dialogfeld angezeigt.
3. Wählen Sie im Dialogfeld *Measurement parameters* aus. Daraufhin wird ein Dialogfeld angezeigt.
4. Wählen Sie im Dialogfeld die Option *Reflektierte Temperatur* aus. Daraufhin wird ein Dialogfeld angezeigt, in dem Sie einen Wert einstellen können.
5. Tippen Sie mehrmals auf den oberen linken Pfeil ‹ , um in den Livemodus zurückzukehren. Sie können auch einmal auf die Speichern-Taste drücken.

7.14 Änderungen an der Entfernung vornehmen

7.14.1 Allgemein

Der Abstand ist die Entfernung zwischen dem Objekt und der Vorderseite des Kameraobjektivs. Dieser Parameter dient zur Kompensation folgender Gegebenheiten:

- Die vom Messobjekt abgegebene Strahlung wird von der Atmosphäre zwischen Objekt und Kamera absorbiert.
- Die Atmosphärenstrahlung an sich wird von der Kamera erkannt.

Weitere Informationen finden Sie im Abschnitt 15 *Thermografische Messtechniken*, Seite 41.

7.14.2 Vorgehensweise

Gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Tippen Sie auf den Kamerabildschirm. Daraufhin wird die Hauptmenüleiste angezeigt.
2. Wählen Sie *Optionen* ⚙ . Daraufhin wird ein Dialogfeld angezeigt.
3. Wählen Sie im Dialogfeld *Measurement parameters* aus. Daraufhin wird ein Dialogfeld angezeigt.

4. Wählen Sie im Dialogfeld die Option *Entfernung* aus. Daraufhin wird ein Dialogfeld angezeigt, in dem Sie einen Wert einstellen können.
5. Tippen Sie mehrmals auf den oberen linken Pfeil , um in den Livemodus zurückzukehren. Sie können auch einmal auf die Speichern-Taste drücken.

7.15 Inhomogenitätskorrektur durchführen

7.15.1 Was ist eine Inhomongenitätskorrektur?

Eine Inhomogenitätskorrektur (oder NUC) ist *eine Bildkorrektur, die von der Kamerasoftware durchgeführt wird, um unterschiedliche Empfindlichkeiten der Detektorenelemente und andere optische und geometrische Störungen zu kompensieren.*[1].

7.15.2 Wann eine Inhomogenitätskorrektur durchgeführt werden sollte

Die Inhomogenitätskorrektur sollte immer dann durchgeführt werden, wenn bei der Bildausgabe Signalrauschen auftritt. Signalrauschen kann auftreten, wenn sich die Umgebungstemperatur ändert (beispielsweise beim Wechsel vom Betrieb in Innenräumen zum Betrieb außerhalb von Gebäuden und umgekehrt).

7.15.3 Vorgehensweise

Um eine Inhomogenitätskorrektur durchzuführen, tippen und halten Sie das Symbol . Daraufhin wird auf dem Bildschirm der Text *Kalibrieren...* angezeigt.

7.16 Die Kameralampe verwenden

7.16.1 Allgemein

Sie können die Kameralampe als Taschenlampe oder während der Aufnahme als Blitz verwenden.

7.16.2 Vorgehensweise

Gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Tippen Sie auf den Kamerabildschirm. Daraufhin wird die Hauptmenüleiste angezeigt.
2. Wählen Sie *Lampe* .
3. Tippen Sie auf eine der folgenden Optionen:
   - *Blitz* (Die Lampe wird während der Aufnahme als Blitz verwendet).
   - *Ein* (Die Lampe wird eingeschaltet und als Taschenlampe verwendet).
   - *Aus* (Die Lampe wird ausgeschaltet).

7.17 Ändern der Einstellungen

7.17.1 Allgemein

Sie können eine Reihe von Einstellungen für die Kamera ändern.

Das Menü *Einstellungen* umfasst die folgenden Optionen:

- *Messparameter*.
- *Speichereinstellungen*.
- *Geräteeinstellungen*.

7.17.1.1 *Messparameter*

- *Emissionsgrad*.
- *Reflektierte Temperatur*.

1. Definition aus der bevorstehenden internationalen Umsetzung von DIN 54190-3 (Zertsörungsfreie Prüfung – Thermografische Prüfung - Teil 3: Begriffe).

- *Entfernung*.

7.17.1.2 *Speichereinstellungen*

- *Photo as separate JPEG*: Bei Auswahl diese Menübefehls wird das digitale Foto über den gesamten Bildfeldwinkel der Tageslichtkamera als separates JPEG-Bild gespeichert. Wenn Sie die FLIR Tools Software nicht verwenden, ist es möglicherweise notwendig, diese Option zu aktivieren.

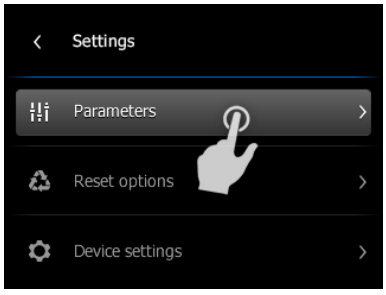
7.17.1.3 *Geräteeinstellungen*

- *Sprache, Uhrzeit und Einheiten*:
  - *Sprache*.
  - *Temperatureinheit*.
  - *Entfernungseinheit*.
  - *Datum & Uhrzeit*.
  - *Datums- & Zeitformat*.
- *Zurücksetzen*:
  - *Auf Standard-Kameramodus zurücksetzen*.
  - *Geräteeinst. auf werkss. Voreinst. zurücksetzen*.
  - *Alle Bilder löschen*.
- *Autom. Abschaltung*.
- *Autom. Ausrichtung*.
- *Display-Helligkeit*.
- *Kamerainformationen*: Über diesen Menübefehl werden verschiedene Informationen zur Kamera angezeigt, z. B. Modell, Seriennummer, Softwareversion.

7.17.2 Vorgehensweise

Gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Tippen Sie auf den Kamerabildschirm. Daraufhin wird die Hauptmenüleiste angezeigt.
2. Wählen Sie *Optionen* . Daraufhin wird ein Dialogfeld angezeigt.
3. Tippen Sie im Dialogfeld auf die Einstellung, die geändert werden soll.



4. Tippen Sie mehrmals auf den oberen linken Pfeil , um in den Livemodus zurückzukehren. Sie können auch einmal auf die Speichern-Taste drücken.

7.18 Aktualisieren der Kamera

7.18.1 Allgemein

Um die Vorteile unserer neuesten Kamera-Firmware nutzen zu können, ist es wichtig, dass sich Ihre Kamera auf dem aktuellen Stand befindet. Sie aktualisieren Ihre Kamera über FLIR Tools.

7.18.2 Vorgehensweise

Gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Starten Sie FLIR Tools.

2. Starten Sie die Kamera.
3. Schließen Sie die Kamera über das USB-Kabel an den Computer an.
4. FLIR Tools zeigt einen Willkommensbildschirm an, wenn die Kamera identifiziert wurde. Klicken Sie auf dem Willkommensbildschirm auf *Nach Updates suchen*.

   Sie können in FLIR Tools im Menü *Hilfe* auch auf *Nach Updates suchen* klicken.
5. Befolgen Sie die Anweisungen auf dem Bildschirm.

8 Technische Daten

8.1 Online-Sichtfeldrechner (Field-of-View, FOV)

Gehen Sie zu unserer Website http://support.flir.com, und klicken Sie auf das Foto der Kameraserie, um Sichtfeldtabellen für alle Objektiv-Kamera-Kombinationen anzuzeigen.

8.2 Hinweis zu technischen Daten

FLIR Systems behält sich das Recht vor, Spezifikationen ohne Vorankündigung zu ändern. Aktuelle Änderungen finden Sie unter http://support.flir.com.

8.3 Hinweis zu maßgeblichen Versionen

Die englische Ausgabe ist die maßgebliche Version dieser Veröffentlichung. Bei Abweichungen aufgrund von Übersetzungsfehlern gilt der englische Text.

Alle nachträglichen Änderungen werden zuerst in die englische Ausgabe eingearbeitet.

8.4 FLIR C2

P/N: T505816
Rev.: 23380

Bildaufzeichnung und optische Daten	
NETD	100 mK
Sichtfeld	41° × 31°
Minimaler Fokusabstand	• Thermisch: 0,15 m (0,49 ft) • MSX: 1,0 m (3,3 ft)
Brennweite	1,54 mm (0,061 Zoll)
Geometrische Auflösung (IFOV)	11 mrad
Blendenzahl	1,1
Bildfrequenz	9 Hz
Fokus	Fixfokus

Detektordaten	
Focal-Plane-Array (FPA)	Ungekühlter Mikrobolometer
Spektralbereich	7,5–14 µm
Detektorabstand	17 µm
IR-Sensor-Größe	80 × 60

Bilddarstellung	
Display (Farbe)	• 3,0 Zoll • 320 × 240 Pixel
Display, Bildseitenverhältnis	4:3
Automatische Ausrichtung	Ja
Touchscreen	Ja, kapazitiv
Bildanpassung (Ausrichtungskalibrierung)	Ja

Bilddarstellungsmodi	
Infrarotbild	Ja
Tageslichtbild	Ja
MSX	Ja
Galerie	Ja

Messung	
Temperaturbereich für Messobjekt	–10 °C bis +150 °C (14 °F bis 302 °F)
Genauigkeit	±2 °C (±3,6 °F) oder 2 % (bei 25 °C (77 °F), es gilt der größere der beiden Werte).

Messanalyse	
Messpunkt	Ein/aus
Einstellbarer Emissionsgrad	Ja; matt/seidenmatt/seidenglänzend und benutzerdefinierter Wert
Messkorrektur	• Emissionsgrad • Reflektierte scheinbare Temperatur

Einrichtung	
Farbpaletten	• Eisen • Regenbogen • Regenbogen HK • Grau
Einrichtungsbefehle	Lokale Anpassung von Einheiten, Sprache, Datums- und Uhrzeitformaten
Sprachen	Arabisch, Chinesisch (traditionell), Chinesisch (vereinfacht), Dänisch, Deutsch, Englisch, Finnisch, Französisch, Griechisch, Italienisch, Japanisch, Koreanisch, Niederländisch, Norwegisch, Polnisch, Portugiesisch, Russisch, Schwedisch, Spanisch, Tschechisch, Türkisch, Ungarisch

Lampe	
Abgegebene Leistung	0,85 W
Sichtfeld	60°

Servicefunktionen	
Kamera-Software-Update	Verwendung von FLIR Tools

Bildspeicherung	
Speichermedien	Interner Speicher für mindestens 500 Bildergruppen
Bilddateiformat	• Standard-JPEG • 14-Bit-Messdaten enthalten

Videostreaming	
Streaming nicht radiometrischer Infrarotvideos	Ja
Streaming von Tageslichtvideos	Ja

Digitalkamera	
Digitalkamera	640 × 480 Pixel
Digitalkamera, Fokus	Fixfokus

Schnittstellen für Datenübertragung	
USB, Anschlusstyp	USB-Mini-B: Datenübertragung zum/vom PC
USB, Standard	USB 2.0

Stromversorgung	
Akkutyp	Lithium-Ionen-Polymer-Akku
Akkuspannung	3,7 V
Akkubetriebsdauer	2 h
Ladesystem	Wird in der Kamera geladen
Ladedauer	1,5 h
Betrieb über externes Netzgerät	• AC-Adapter, 90–260 V AC Eingangsspannung • 5 V DC Ausgangsspannung an Kamera
Energiesparoptionen	Automatisches Abschalten

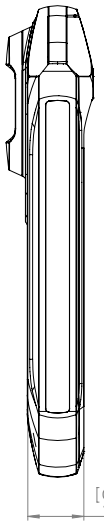
Umgebungsbedingungen	
Betriebstemperaturbereich	–10 °C bis +50 °C (14 °F bis 122 °F)
Lagertemperaturbereich	–40 °C bis +70 °C (–40 °F bis 158 °F)
Luftfeuchtigkeit (Betrieb und Lagerung)	IEC 60068-2-30/24 h 95 % relative Luftfeuchtigkeit +25 °C bis +40 °C (+77 °F bis +104 °F) / 2 Durchgänge

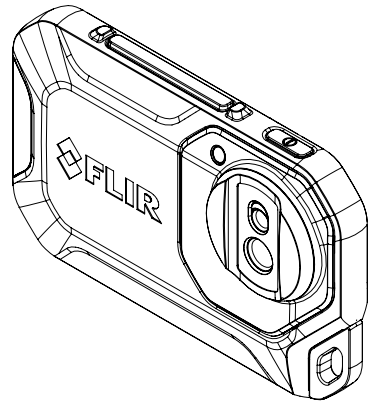
Umgebungsbedingungen	
Relative Luftfeuchte	95 % relative Luftfeuchtigkeit +25 °C bis +40 °C (+77 °F bis +104 °F) nicht kondensierend
EMV	• WEEE 2012/19/EG • RoHS 2011/65/EG • C-Tick • EN 61000-6-3 • EN 61000-6-2 • FCC 47 CFR Part 15 Class B
Magnetfelder	EN 61000-4-8
Batterieverordnung	UL 1642
Gehäuseschutzart	Kameragehäuse und Objektiv: IP 40 (IEC 60529)
Stoßfestigkeit	25 g, (IEC 60068-2-27)
Vibrationsfestigkeit	2 g, (IEC 60068-2-6)

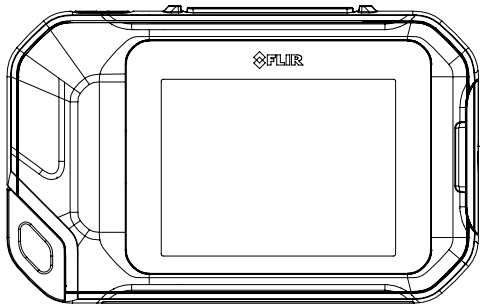
Physische Daten	
Gewicht (einschl. Akku)	0,13 kg (0,29 lb)
Abmessungen (L × B × H)	125 × 80 × 24 mm (4,9 × 3,1 × 0,94 Zoll)
Stativbefestigung	Nein
Gehäusematerial	• PC und ABS, teilweise beschichtet mit TPE • Aluminium
Farbe	Schwarzweiß

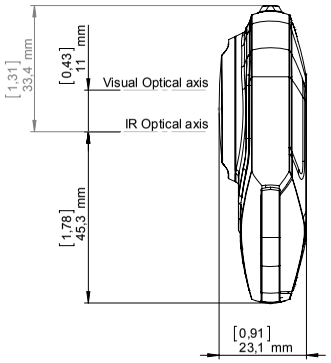
Versandinformationen	
Verpackungstyp	Karton
Inhalt	• Infrarotkamera • Trageband • Netzteil/Ladegerät mit Steckern für die EU, Großbritannien, USA, Kanada und Australien • Druckversion des Handbuchs „Erste Schritte“ • USB-Speicherstick mit Dokumentation • USB-Kabel
Verpackungsgewicht	0,53 kg (1,17 lb)
Verpackungsgröße	175 × 115 × 75 mm (6,9 × 4,5 × 3,0 Zoll)
EAN-13	4743254001961
UPC-12	845188010614
Herkunftsland	Estland

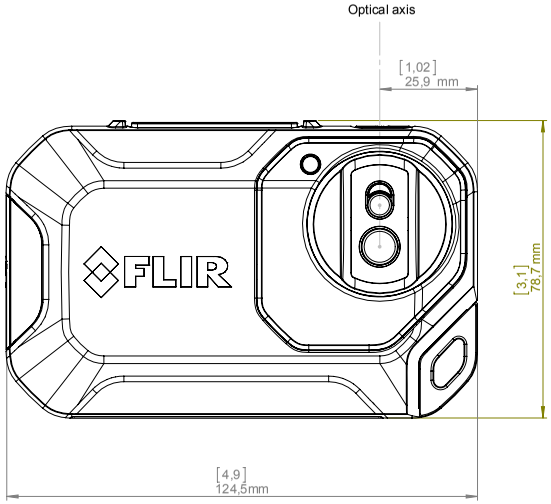
Camera with build-in IR lens f=1,54mm

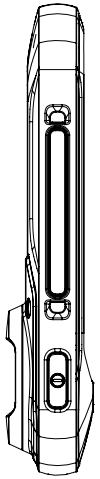












-

Modified	Check	Drawn by
2014-12-18	MABR	R&D Thermography

Denomination

Basic Dimensions Flir Cx

Size	Sheet
A2	1(1)
Scale 1:1	
Drawing No. T128439	Size B

© 2012, FLIR Systems, Inc. All rights reserved worldwide. No part of this drawing may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form, or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without written permission from FLIR Systems, Inc. Specifications subject to change without further notice. Dimensional data is based on nominal values. Products may be subject to regional market considerations. License procedures may apply. Product may be subject to US Export Regulations. Please refer to exportquestions@flir.com with any questions. Diversion contrary to US law is prohibited.

January 13, 2015 AQ320111

CE Declaration of Conformity

This is to certify that the System listed below have been designed and manufactured to meet the requirements, as applicable, of the following EU-Directives and corresponding harmonising standards. The systems consequently meet the requirements for the CE-mark.

Directives:

Directive 2004/108/EC; Electromagnetic Compatibility

Standards:

Information technology:	**EN 55022**	**Radio disturbance characteristics- (AC:2011)**
Information technology:	**EN 55024**	**Immunity characteristics- (CISPR 24:2010)**

Additional standards:

Emission:	**EN 61000-6-3;**	**Electro magnetic Compatibility Generic standards - Emission**
Immunity:	**EN 61000-6-2;**	**Electro magnetic Compatibility; Generic standards - Immunity**

System: **FLIR C2-series**

FLIR Systems AB
Quality Assurance

Björn Svensson
Director

11 Reinigen der Kamera

11.1 Kameragehäuse, Kabel und weitere Teile

11.1.1 Flüssigkeiten

Verwenden Sie eine der folgenden Flüssigkeiten:

- Warmes Wasser
- Milde Reinigungslösung

11.1.2 Ausrüstung

Ein weiches Tuch

11.1.3 Vorgehensweise

Gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Tränken Sie das Tuch in der Flüssigkeit.
2. Wringen Sie das Tuch aus, um überschüssige Flüssigkeit zu entfernen.
3. Reinigen Sie das Teil mit dem Tuch.

VORSICHT

Verwenden Sie niemals Verdünnungsmittel oder ähnliche Flüssigkeiten für Kamera, Kabel oder Zubehör. Dies könnte zu Beschädigungen führen.

11.2 Infrarotobjektiv

11.2.1 Flüssigkeiten

Verwenden Sie eine der folgenden Flüssigkeiten:

- Eine handelsübliche Reinigungslösung für Objektive mit über 30%igem Isopropylalkohol
- 96 % Ethylalkohol (C_2H_5OH).

11.2.2 Ausrüstung

Watte

11.2.3 Vorgehensweise

Gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Tränken Sie die Watte in der Flüssigkeit.
2. Drücken Sie die Watte aus, um überschüssige Flüssigkeit zu entfernen.
3. Reinigen Sie das Objektiv nur einmal, und werfen Sie die Watte weg.

WARNUNG

Lesen Sie unbedingt alle entsprechenden MSDS (Material Safety Data Sheets, Sicherheitsdatenblätter) und Warnhinweise auf den Behältern durch, bevor Sie eine Flüssigkeit verwenden: Flüssigkeiten können gefährlich sein.

VORSICHT

- Gehen Sie bei der Reinigung des Infrarotobjektivs behutsam vor. Das Objektiv ist mittels einer Beschichtung entspiegelt, die sehr empfindlich ist.
- Reinigen Sie das Infrarotobjektiv sehr vorsichtig, da andernfalls die Entspiegelung Schaden nehmen könnte.

12 Anwendungsbeispiele

12.1 Feuchtigkeit und Wasserschäden

12.1.1 Allgemein

Feuchtigkeit und Wasserschäden in Häusern können häufig mit Hilfe von Infrarotkameras festgestellt werden. Das kommt teils daher, dass der geschädigte Bereich andere Wärmeleiteigenschaften besitzt, und teils daher, dass er über eine vom umgebenden Material abweichende Wärmekapazität zur Wärmespeicherung verfügt.

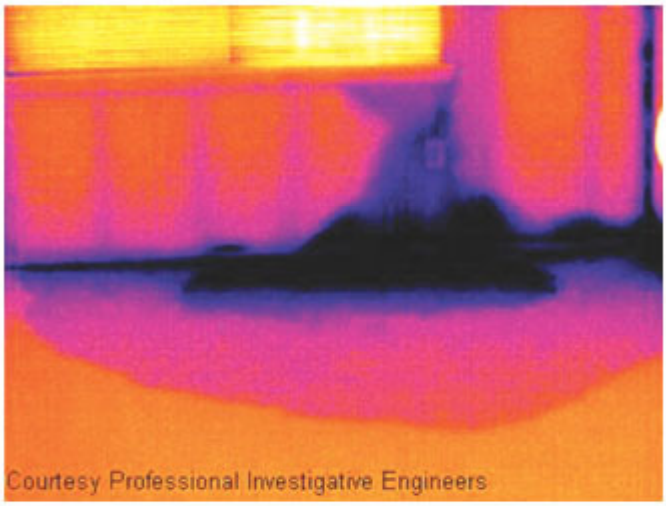
HINWEIS

Viele Faktoren haben Einfluss auf die Art und Weise wie Feuchtigkeit und Wasserschäden auf einem Infrarotbild dargestellt werden.

So unterscheidet sich beispielsweise die Geschwindigkeit mit der diese Bauteile sich erhitzen bzw. auskühlen je nach Material und Tageszeit. Es ist daher wichtig, dass auch noch andere auch Methoden zum Nachweis von Feuchtigkeit und Wasserschäden herangezogen werden.

12.1.2 Abbildung

Das Bild unten zeigt einen großflächigen Wasserschaden an einer Außenwand, an der das Wasser die Außenfassade auf Grund eines unsachgemäß eingebauten Fensterrahmens durchdrungen hat.



12.2 Defekter Steckdosenkontakt

12.2.1 Allgemein

Je nachdem, wie eine Steckdose angeschlossen ist, kann ein unsachgemäß angeschlossenes Kabel zu einem lokal begrenzten Temperaturanstieg führen. Dieser Temperaturanstieg wird durch die verkleinerte Kontaktfläche zwischen dem Anschlusspunkt des eingehenden Kabels und der Steckdose verursacht und kann zu einem Schmorbrand führen.

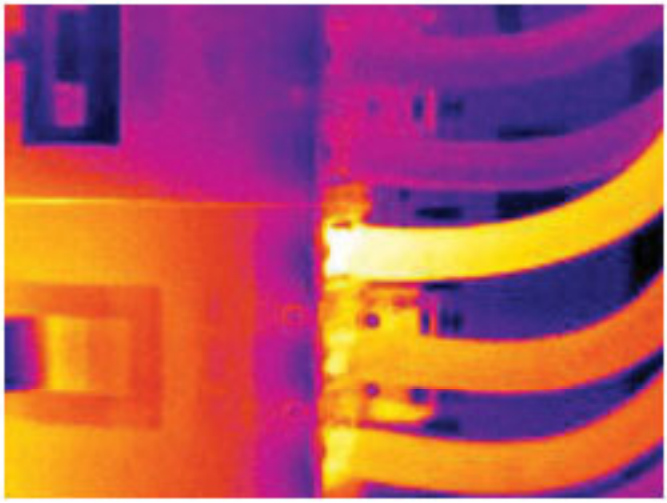
HINWEIS

Der Aufbau einer Steckdose kann von Hersteller zu Hersteller stark variieren. Daher können unterschiedliche Defekte in einer Steckdose zum gleichen typischen Erscheinungsbild auf einem Infrarotbild führen.

Ein lokal begrenzter Temperaturanstieg kann auch durch einen fehlerhaften Kontakt zwischen Kabel und Steckdose oder durch Lastunterschiede hervorgerufen werden.

12.2.2 Abbildung

Das folgende Bild zeigt die Verbindung zwischen einem Kabel und einer Steckdose, an der ein fehlerhafter Kontakt zu einem lokal begrenzten Temperaturanstieg geführt hat.



12.3 Oxidierte Steckdose

12.3.1 Allgemein

Je nach Art der Steckdose und der Umgebung, in der sie installiert ist, können die sich Oxide auf den Steckdosenkontakten ablagern. Die Oxidablagerungen können örtlich zu erhöhtem Widerstand führen, der auf einem Infrarotbild als lokaler Temperaturanstieg dargestellt wird.

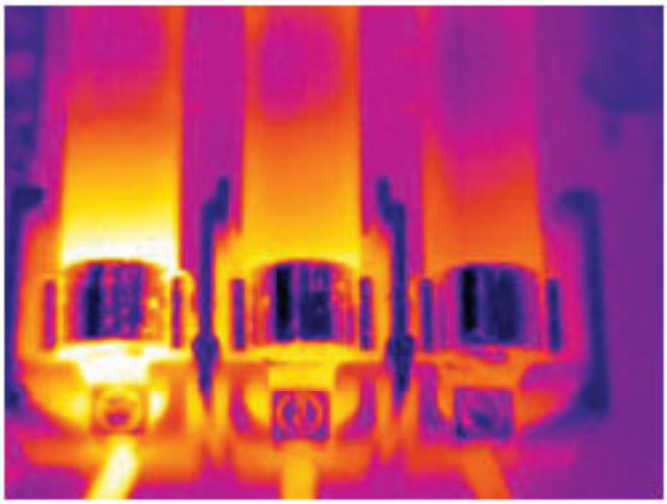
HINWEIS

Der Aufbau einer Steckdose kann von Hersteller zu Hersteller stark variieren. Daher können unterschiedliche Defekte in einer Steckdose zum gleichen typischen Erscheinungsbild auf einem Infrarotbild führen.

Ein lokal begrenzter Temperaturanstieg kann auch durch einen fehlerhaften Kontakt zwischen einem Kabel und der Steckdose oder durch Lastunterschiede hervorgerufen werden.

12.3.2 Abbildung

Das Bild unten zeigt eine Reihe von Sicherungen. Eine dieser Sicherungen weist am Kontakt zur Fassung eine erhöhte Temperatur auf. Da die Fassung der Sicherung aus blankem Metall besteht, ist der Temperaturanstieg dort nicht sichtbar, an der Keramiksicherung selbst jedoch schon.



12.4 Wärmedämmungsmängel

12.4.1 Allgemein

Mängel an der Wärmedämmung können entstehen, wenn sich das Dämmmaterial im Laufe der Zeit zusammenzieht, und dadurch die Hohlräume in den Wänden nicht mehr vollständig ausfüllt.

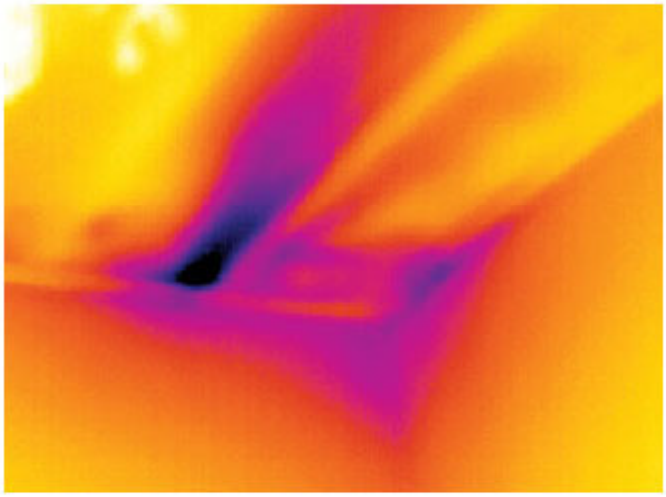
Mit Hilfe einer Infrarotkamera können Sie diese Mängel in der Wärmedämmung sichtbar machen, denn sie weisen entweder andere Wärmeleiteigenschaften als die Bereiche mit sachgemäß installierter Wärmedämmung auf, und/oder sie können den Bereich sichtbar machen, in dem Luft durch die Außenwände des Gebäudes dringt.

HINWEIS

Wenn Sie ein Gebäude untersuchen, sollte der Temperaturunterschied zwischen innen und außen mindestens 10 °C betragen. Bolzen, Wasserleitungen, Betonpfeiler und ähnliche Komponenten können auf einem Infrarotbild wie Mängel in der Wärmedämmung aussehen. Kleinere Unterschiede können auch durch das Material bedingt sein.

12.4.2 Abbildung

Im Bild unten ist die Wärmedämmung im Dachstuhl mangelhaft. Auf Grund der fehlenden Dämmung konnte Luft in die Dachkonstruktion eindringen. Dies wir dann mit anderen charakteristischen Merkmalen auf dem Infrarotbild dargestellt.



12.5 Luftzug

12.5.1 Allgemein

Luftzug tritt unter Fußböden, um Tür- und Fensterrahmen herum und oberhalb von Zimmerdecken auf. Diese Art von Luftzug kann mit Hilfe einer Infrarotkamera meist als kühler Luftstrom dargestellt werden, der die umliegenden Oberflächen abkühlt.

HINWEIS

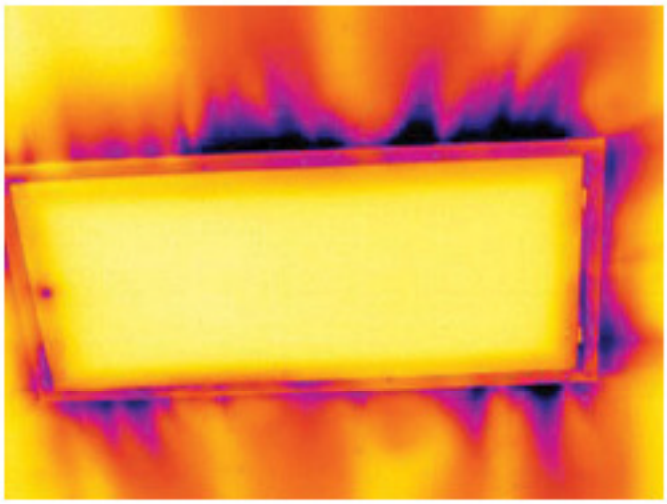
Wenn Sie Luftzugbewegungen in einem Haus untersuchen, sollte im Gebäude Unterdruck herrschen. Schließen Sie alle Türen, Fenster und Lüftungsschächte, und lassen Sie die Abzugshaube in der Küche eine Zeit lang laufen, bevor Sie die Infrarotbilder aufnehmen.

Infrarotbilder von Luftzug weisen häufig ein typisches Strömungsmuster auf. Sie können dieses Strömungsmuster in der Abbildung unten deutlich erkennen.

Bedenken Sie auch, dass Luftzug durch Fußbodenheizungen verschleiert werden kann.

12.5.2 Abbildung

Das Bild unten zeigt eine Dachluke, an der durch unsachgemäßen Einbau ein starker Luftzug entstanden ist.

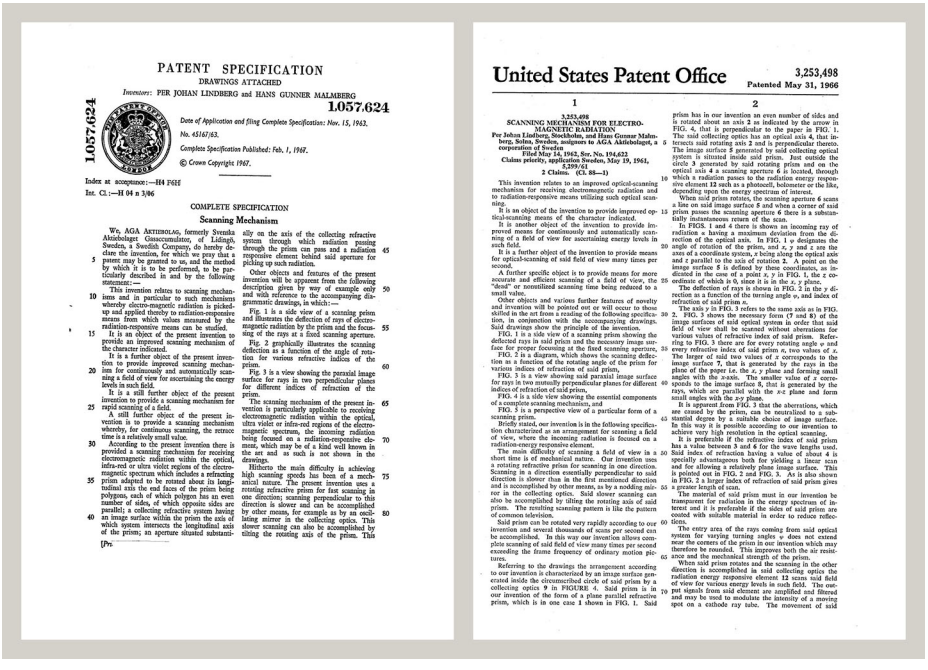


13 Informationen zu FLIR Systems

1978 gegründet, hat FLIR Systems auf dem Gebiet der Hochleistungs-Infrarotbildsysteme Pionierarbeit geleistet und ist weltweit führend bei Entwicklung, Herstellung und Vertrieb von Wärmebildsystemen für vielfältige Anwendungsbereiche in Handel und Industrie sowie für den Regierungssektor. Heute umfasst FLIR Systems fünf große Unternehmen, die seit 1958 herausragende Erfolge in der Infrarottechnologie verzeichnen: die schwedische AGEMA Infrared Systems (vormals AGA Infrared Systems), die drei US-amerikanischen Unternehmen Indigo Systems, FSI und Inframetrics sowie das französische Unternehmen Cedip.

Seit 2007 hat FLIR Systems mehrere Unternehmen aus dem Bereich Sensortechnologie akquiriert:

- Extech Instruments (2007)
- Ifara Tecnologías (2008)
- Salvador Imaging (2009)
- OmniTech Partners (2009)
- Directed Perception (2009)
- Raymarine (2010)
- ICx Technologies (2010)
- TackTick Marine Digital Instruments (2011)
- Aerius Photonics (2011)
- Lorex Technology (2012)
- Traficon (2012)
- MARSS (2013)
- DigitalOptics Mikrooptikgeschäft (2013)



PATENT SPECIFICATION

DRAWINGS ATTACHED

Inventors: PER JOHAN LINDBERG and HANS GUNNER MALMBERG

1.057.624

Date of Application and filing Complete Specification: Nov. 15, 1963.

No. 45167/63.

Complete Specification Published: Feb. 1, 1967.

© Crown Copyright 1967.

1,057,624

Index at acceptance:—H04 F6DF

Int. Cl.:—H 04 n 3/06

COMPLETE SPECIFICATION

Scanning Mechanism

We, AGA AKTIEBOLAG, formerly Svenska Aktiebolaget Gasaccumulator, of Lidingö, Sweden, a Swedish Company, do hereby declare the invention, for which we pray that a patent may be granted to us, and the method by which it is to be performed, to be particularly described in and by the following statement:—

This invention relates to scanning mechanisms and in particular to such mechanisms whereby electro-magnetic radiation is picked-up and applied thereby to radiation-responsive means from which values measured by the radiation-responsive means can be studied.

It is an object of the present invention to provide an improved scanning mechanism of the character indicated.

It is a further object of the present invention to provide improved scanning mechanisms for continuously and automatically scanning a field of view for ascertaining the energy levels in such field.

It is a still further object of the present invention to provide a scanning mechanism for rapid scanning of a field.

A still further object of the present invention is to provide a scanning mechanism whereby, for continuous scanning, the retrace time is a relatively small value.

According to the present invention there is provided a scanning mechanism for receiving electromagnetic radiation within the optical, infra-red or ultra violet regions of the electromagnetic spectrum which includes a refracting prism adapted to be rotated about its longitudinal axis the end faces of the prism being polygons, each of which polygon has an even number of sides, of which opposite sides are parallel; a collecting refractive system having an image surface within the prism the axis of which system intersects the longitudinal axis of the prism; an aperture situated substantially on the axis of the collecting refractive system through which radiation passing through the prism can pass and a radiation responsive element behind said aperture for picking up such radiation.

Other objects and features of the present invention will be apparent from the following description given by way of example only and with reference to the accompanying diagrammatic drawings, in which:—

Fig. 1 is a side view of a scanning prism and illustrates the deflection of rays of electromagnetic radiation by the prism and the focussing of the rays at a fixed scanning aperture.

Fig. 2 graphically illustrates the scanning deflection as a function of the angle of rotation for various refractive indices of the prism.

Fig. 3 is a view showing the paraxial image surface for rays in two perpendicular planes for different indices of refraction of the prism.

The scanning mechanism of the present invention is particularly applicable to receiving electromagnetic radiation within the optical, ultra violet or infra-red regions of the electromagnetic spectrum, the incoming radiation being focused on a radiation-responsive element, which may be of a kind well known in the art and as such is not shown in the drawings.

Hitherto the main difficulty in achieving high scanning speeds has been of a mechanical nature. The present invention uses a rotating refractive prism for fast scanning in one direction; scanning perpendicular to this direction is slower and can be accomplished by other means, for example as by an oscillating mirror in the collecting optics. This slower scanning can also be accomplished by tilting the rotating axis of the prism. This

[Pr.

United States Patent Office 3,253,498 Patented May 31, 1966

1

3,253,498

SCANNING MECHANISM FOR ELECTROMAGNETIC RADIATION

Per Johan Lindberg, Stockholm, and Hans Gunnar Malmberg, Solna, Sweden, assignors to AGA Aktiebolaget, a corporation of Sweden

Filed May 14, 1962, Ser. No. 194,623

Claims priority, application Sweden, May 19, 1961, 5,259/61

2 Claims. (Cl. 88—1)

This invention relates to an improved optical-scanning mechanism for receiving electromagnetic radiation and to radiation-responsive means utilizing such optical scanning.

It is an object of the invention to provide improved optical-scanning means of the character indicated.

It is another object of the invention to provide improved means for continuously and automatically scanning of a field of view for ascertaining energy levels in such field.

It is a further object of the invention to provide means for optical-scanning of said field of view many times per second.

A further specific object is to provide means for more accurate and efficient scanning of a field of view, the "dead" or nonutilized scanning time being reduced to a small value.

Other objects and features of novelty and invention will be pointed out or will occur to those skilled in the art from a reading of the following specification, in conjunction with the accompanying drawings. Said drawings show the principle of the invention.

FIG. 1 is a side view of a scanning prism showing the deflected rays in said prism and the necessary image surface for proper focussing at the fixed scanning aperture.

FIG. 2 is a diagram, which shows the scanning deflection as a function of the rotating angle of the prism for various indices of refraction of said prism,

FIG. 3 is a view showing said paraxial image surface for rays in two mutually perpendicular planes for different indices of refraction of said prism,

FIG. 4 is a side view showing the essential components of a complete scanning mechanism, and

FIG. 5 is a perspective view of a particular form of a scanning prism.

Briefly stated, our invention is in the following specification characterized as an arrangement for scanning a field of view, where the incoming radiation is focused on a radiation-energy responsive element.

The main difficulty of scanning a field of view in a short time is of mechanical nature. Our invention uses a rotating refractive prism for scanning in one direction. Scanning in a direction essentially perpendicular to said direction is slower than in the first mentioned direction and is accomplished by other means, as by a nodding mirror in the collecting optics. Said slower scanning can also be accomplished by tilting the rotating axis of said prism. The resulting scanning pattern is like the pattern of common television.

Said prism can be rotated very rapidly according to our invention and several thousands of scans per second can be accomplished. In this way our invention allows complete scanning of said field of view many times per second exceeding the frame frequency of ordinary motion pictures.

Referring to the drawings the arrangement according to our invention is characterized by an image surface generated inside the circumscribed circle of said prism by a collecting optics 9 in FIGURE 4. Said prism is in our invention of the form of a plane parallel refractive prism, which is in one case I shown in FIG. 1. Said

2

prism has in our invention an even number of sides and is rotated about an axis 2 as indicated by the arrow in FIG. 4, that is perpendicular to the paper in FIG. 1. The said collecting optics has an optical axis 4, that intersects said rotating axis 2 and is perpendicular thereto. The image surface 5 generated by said collecting optical system is situated inside said prism. Just outside the image surface 5 and said rotating prism and on the optical axis 4 a scanning aperture 6 is located, through which a radiation-responsive element 12 such as a thermistor bolometer or the like, depending upon the energy spectrum of interest.

When said prism rotates, the scanning aperture 6 scans a line on said image surface 5 and when a corner of said prism passes the scanning aperture 6 there is a substantially instantaneous return of the scan.

In FIGS. 1 and 4 there is shown an incoming ray of radiation a having a maximum deviation from the direction of the optical axis. In FIG. 1 α designates the angle of rotation of the prism, and x, y and z are the axes of a coordinate system, z being along the optical axis and z parallel to the axis of rotation 2. A point on the image surface 5 is defined by these coordinates, as indicated in the case of a point x, y in FIG. 1, the z coordinate of which is 0, since it is in the x, y plane.

The deflection of rays is shown in FIG. 2 in the y direction as a function of the turning angle α, and index of refraction of said prism n.

The axis y in FIG. 3 refers to the same axis as in FIG. 2. FIG. 3 shows the necessary form (7 and 8) of the image surfaces of said optical system in order that said field of view shall be scanned without aberrations for various values of refractive index of said prism. Referring to FIG. 3 there are for every rotating angle α and every refractive index of said prism n, two values of z. The larger of said two values of z corresponds to the image surface 7, that is generated by the rays in the plane of the paper i.e. the x, y plane and forming small angles with the x-axis. The smaller value of z corresponds to the image surface 8, that is generated by the rays, which are parallel with the x-z plane and form small angles with the x-y plane.

It is apparent from FIG. 3 that the aberrations, which are caused by the prism, can be neutralized to a substantial degree by a suitable choice of image surface. In this way it is possible according to our invention to achieve very high resolution in the optical scanning.

It is preferable if the refractive index of said prism has a value between 3 and 4 for the wave lengths used. Said index of refraction having a value of about 4 is specially advantageous both for yielding a linear scan and for allowing a relatively plane image surface. This is pointed out in FIG. 2 and FIG. 3. As is also shown in FIG. 2 a larger index of refraction of said prism gives a greater length of scan.

The material of said prism must in our invention be transparent for radiation in the energy spectrum of interest and it is preferable if the sides of said prism are coated with suitable material in order to reduce reflections.

The entry area of the rays coming from said optical system for varying turning angles α does not extend near the corners of the prism in our invention which may therefore be rounded. This improves both the air resistance and the mechanical strength of the prism.

When said prism rotates and the scanning in the other direction is accomplished in said collecting optics the radiation energy responsive element 12 scans said field of view and denotes energy levels in each field. The output signals from said element are amplified and filtered and may be used to modulate the intensity of a moving spot on a cathode ray tube. The movement of said

Abbildung 13.1 Patentschriften aus den frühen 1960er Jahren

Das Unternehmen hat weltweit mehr als 350,000 Infrarotkameras für die verschiedensten Anwendungszwecke verkauft, wie beispielsweise für die vorbeugende Instandhaltung, F & E, zerstörungsfreie Prüfungen, Prozesskontrolle und Automatisierung u. v. m.

FLIR Systems besitzt drei Produktionsstätten in den USA (Portland, Boston und Santa Barbara) und eine in Schweden (Stockholm). Seit dem Jahr 2007 gibt es einen weiteren Produktionsstandort in Tallinn in Estland. Niederlassungen mit Direktvertrieb in Belgien, Brasilien, China, Frankreich, Deutschland, Großbritannien, Hongkong, Italien, Japan,

Korea, Schweden und den USA sowie ein weltweites Netzwerk aus Vertretern und Vertriebshändlern sind Ansprechpartner für unsere Kunden aus aller Welt.

FLIR Systems übernimmt eine Vorreiterrolle bei der Entwicklung neuer Infrarottechnologien. Wir greifen der Marktnachfrage vor, indem wir vorhandene Kameras verbessern und neue entwickeln. Das Unternehmen hat bei Produktdesign und Entwicklung stets eine führende Rolle eingenommen, wie beispielsweise bei der Markteinführung der ersten batteriebetriebenen tragbaren Kamera für Industrieüberwachungen und der ersten Infrarotkamera ohne Kühlsystem.

Abbildung 13.2 LINKS: Modell 661 der Thermovision aus dem Jahr 1969. Die Kamera wog ca. 25 kg, das Oszilloskop 20 kg und das Stativ 15 kg. Für den Betrieb wurden darüber hinaus ein 220-Volt-Wechselstromgenerator und ein 10-Liter-Gefäß mit flüssigem Stickstoff benötigt. Links neben dem Oszilloskop ist der Polaroid-Aufsatz (6 kg) zu erkennen. RECHTS: Die FLIR One, die im Januar 2014 auf den Markt gebracht wurde, ist ein aufsetzbares Zubehör, mit dem iPhones Wärmebilder aufnehmen können. Gewicht: 90 g.

FLIR Systems stellt alle zentralen mechanischen und elektronischen Komponenten der Kamerasysteme selbst her. Von Design und Herstellung der Detektoren über Objektive und Systemelektronik bis hin zu Funktionstests und Kalibrierung werden alle Produktionsschritte von unseren Ingenieuren durchgeführt und überwacht. Die genauen Kenntnisse dieses Fachpersonals gewährleisten die Genauigkeit und Zuverlässigkeit aller zentraler Komponenten, aus denen Ihre Infrarotkamera besteht.

13.1 Mehr als nur eine Infrarotkamera

Wir von FLIR Systems haben erkannt, dass es nicht ausreicht, nur die besten Infrarotkameras herzustellen. Wir möchten allen Benutzern unserer Infrarotkameras ein produktiveres Arbeiten ermöglichen, indem wir leistungsfähige Kameras mit entsprechender Software kombinieren. Wir entwickeln Software, die genau auf die Bedürfnisse von F & E, vorbeugender Instandhaltung und Prozessüberwachung zugeschnitten ist. Ein Großteil der Software steht in mehreren Sprachen zur Verfügung.

Wir bieten für alle Infrarotkameras ein umfassendes Sortiment an Zubehörteilen, so dass Sie Ihre Ausrüstung auch an anspruchsvolle Einsätze anpassen können.

13.2 Weitere Informationen

Obwohl sich unsere Kameras durch hohe Benutzerfreundlichkeit auszeichnen, gehört zur Thermografie mehr als nur das Wissen, wie man eine Kamera bedient. Daher hat FLIR Systems das Infrared Training Center (ITC) gegründet, einen eigenständigen Geschäftsbereich, der zertifizierte Schulungen anbietet. Durch die Teilnahme an ITC-Kursen können Sie sich praxisorientiert weiterbilden.

Die Mitglieder des ITC unterstützen Sie auch bei allen Fragen und Problemen, die beim Umsetzen der Theorie in die Praxis auftreten können.

13.3 Support für Kunden

FLIR Systems bietet ein weltweites Service-Netzwerk, um den unterbrechungsfreien Betrieb Ihrer Kamera zu gewährleisten. Bei Problemen mit Ihrer Kamera verfügen die lokalen Service-Zentren über die entsprechende Ausstattung und Erfahrung, um die Probleme innerhalb kürzester Zeit zu lösen. Sie müssen Ihre Kamera also nicht rund um den Globus schicken oder mit einem Mitarbeiter sprechen, der nicht Ihre Sprache spricht.

13.4 Bilder

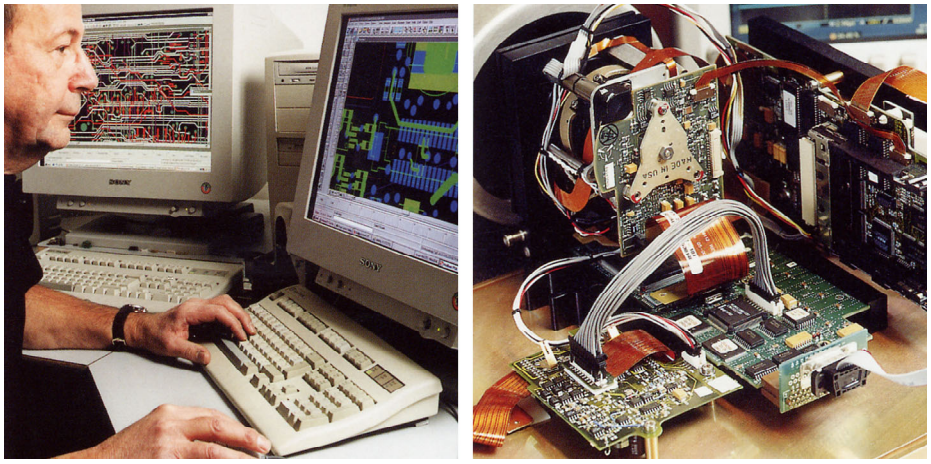


Abbildung 13.3 LINKS: Entwicklung der Systemelektronik RECHTS: FPA-Detektortest

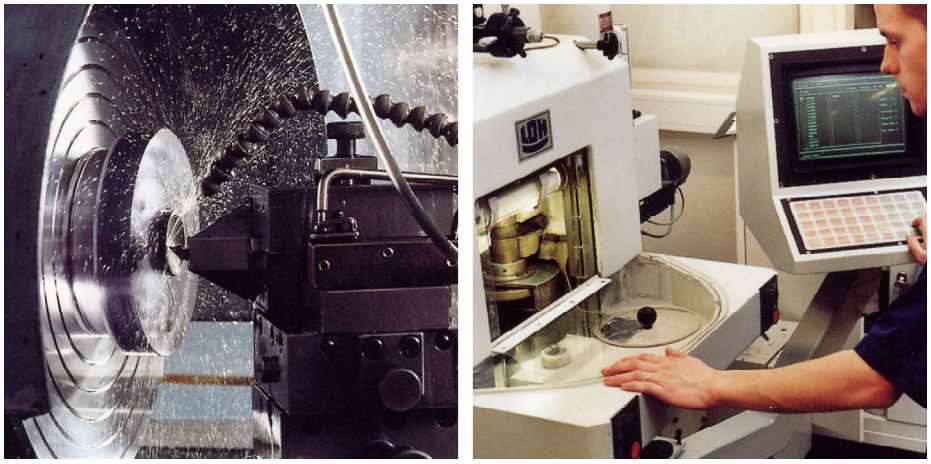


Abbildung 13.4 LINKS: Diamantdrehmaschine RECHTS: Schleifen eines Objektivs

14 Glossar

Absorption (Absorptionsgrad)	Das Verhältnis der von einem Objekt absorbierten Strahlung zur auftreffenden Strahlung. Eine Zahl zwischen 0 und 1.
Angenommene Transmission (geschätzte Transmission)	Ein von einem Benutzer angegebener Wert für die Transmission, der einen berechneten Wert ersetzt.
Atmosphäre	Die Gase, die sich zwischen dem Messobjekt und der Kamera befinden, in der Regel handelt es sich um Luft.
Auto. Farben	Das Infrarotbild zeigt eine unregelmäßige Farbverteilung an, mit der kalte und warme Objekte gleichzeitig angezeigt werden.
Automatische Einstellung	Eine Funktion, mit der die Kamera eine interne Bildkorrektur durchführt.
Berechnete Transmission	Ein aus der Temperatur, der relativen Luftfeuchtigkeit und dem Abstand zum Objekt errechneter Wert für die Transmission.
Bildfeld	Sehwinkel (Field of view): Der horizontale Betrachtungswinkel eines Infrarotobjektivs.
Bildkorrektur (intern/extern)	Eine Funktion zum Ausgleich der unterschiedlichen Empfindlichkeit in verschiedenen Teilen von Live-Bildern sowie zur Stabilisierung der Kamera.
Doppelisotherme	Eine Isotherme mit zwei Farbbändern anstelle von einem.
Emission (Emissionsgrad)	Die von einem Objekt ausgehende Strahlung im Vergleich zu der eines Schwarzen Körpers. Eine Zahl zwischen 0 und 1.
Externe Optik	Zusätzliche Objektive, Filter, Wärmeschilde usw., die zwischen der Kamera und dem Messobjekt platziert werden können.
Farbtemperatur	Die Temperatur, bei der die Farbe eines Schwarzen Körpers einer bestimmten Farbe entspricht.
Filter	Material, das nur für bestimmte Infrarot-Wellenlängen durchlässig ist.
FPA	Focal Plane Array: Ein Infrarotdetektortyp.
Grauer Körper	Ein Objekt, das einen bestimmten Anteil der Energiemenge eines Schwarzen Körpers für jede Wellenlänge abgibt.
Hohlraumstrahler	Ein flaschenförmiger Strahler mit absorbierenden Innenwänden, der über den "Flaschenhals" einsehbar ist.
IFOV	Momentaner Sehwinkel: Ein Maß für die geometrische Auflösung einer Infrarotkamera.
Infrarot	Unsichtbare Strahlung mit einer Wellenlänge von 2-13 µm.
IR	Infrarot
Isotherme	Eine Funktion, mit der die Teile eines Bildes hervorgehoben werden, die über, unter oder zwischen einem oder mehreren Temperaturintervallen liegen.
Isothermer Hohlraum	Ein flaschenförmiger Strahler mit einheitlicher Temperatur, der über den "Flaschenhals" einsehbar ist.
Laser LocatIR	Eine elektrische Lichtquelle an der Kamera, die Laserstrahlung in Form eines dünnen, gebündelten Strahls abgibt, der auf bestimmte Teile des Messobjekts vor der Kamera gerichtet ist.

Laserpointer	Eine elektrische Lichtquelle an der Kamera, die Laserstrahlung in Form eines dünnen, gebündelten Strahls abgibt, der auf bestimmte Teile des Messobjekts vor der Kamera gerichtet ist.
Level	Der Zentralwert der Temperaturskala, wird in der Regel als Signalwert ausgedrückt.
Manuelle Einstellung	Eine Methode zur Anpassung des Bildes durch manuelles Ändern bestimmter Parameter.
Messbereich	Der aktuelle Temperaturmessbereich einer Infrarotkamera. Kameras können über mehrere Bereiche verfügen. Sie werden mit Hilfe von zwei Schwarzkörpertemperaturwerten angegeben, die als Grenzwerte für die aktuelle Kalibrierung dienen.
NETD	Rauschäquivalente Temperaturdifferenz. Ein Maß für das Bildrauschen einer Infrarotkamera.
Objektparameter	Eine Reihe von Werten, mit denen die Bedingungen, unter denen die Messungen durchgeführt werden, sowie das Messobjekt selbst beschrieben werden (z. B. Emission, reflektierte scheinbare Temperatur, Abstand).
Objektsignal	Ein unkalibrierter Wert, der sich auf die Strahlungsmenge bezieht, die die Kamera von dem Messobjekt empfängt.
Palette	Die zur Anzeige eines Infrarotbildes verwendeten Farben.
Pixel	Synonym für *Bildelement*. Ein einzelner Bildpunkt in einem Bild.
Rauschen	Unerwünschte geringfügige Störung im Infrarotbild.
Referenztemperatur	Eine Temperatur, mit der die regulären Messwerte verglichen werden können.
Reflexionsgrad (Reflexionsvermögen)	Das Verhältnis der von einem Objekt reflektierten Strahlung zur auftreffenden Strahlung. Eine Zahl zwischen 0 und 1.
Relative Luftfeuchtigkeit	Die relative Luftfeuchtigkeit ist das prozentuale Verhältnis zwischen der momentanen Wasserdampfmasse in der Luft und der maximalen Masse, die unter Sättigungsbedingungen enthalten sein kann.
Schwarzer Körper	Objekt mit einem Reflexionsgrad von Null. Jegliche Strahlung ist auf seine eigene Temperatur zurückzuführen.
Schwarzkörper-Strahler	Ein Infrarotstrahler mit den Eigenschaften eines Schwarzen Körpers, der zum Kalibrieren von Infrarotkameras eingesetzt wird.
Span	Das Intervall der Temperaturskala, wird in der Regel als Signalwert ausgedrückt.
Spektrale spezifische Ausstrahlung	Von einem Objekt abgegebene Energiemenge bezogen auf Zeit, Fläche und Wellenlänge ($W/m^2/\mu m$).
Spezifische Ausstrahlung	Von einem Objekt abgegebene Energiemenge pro Zeit- und Flächeneinheit (W/m^2).
Strahler	Ein Infrarotstrahler.
Strahlung	Von einem Objekt abgegebene Energiemenge bezogen auf Zeit, Fläche und Raumwinkel ($W/m^2/sr$).
Strahlung	Vorgang, bei dem elektromagnetische Energie durch einen Festkörper oder ein Gas abgegeben wird.
Strahlungsfluss	Von einem Objekt abgegebene Energiemenge pro Zeiteinheit (W).

Stufenlose Anpassung	Eine Funktion, über die das Bild eingestellt wird. Diese Funktion passt die Helligkeit und den Kontrast fortlaufend dem Bildinhalt entsprechend an.
Sättigungsfarbe	Bereiche, deren Temperaturen außerhalb der aktuellen Einstellungen für Level/Span liegen, werden mit den Sättigungsfarben dargestellt. Die Sättigungsfarben umfassen eine Farbe für die Überschreitung und eine für die Unterschreitung der Werte. Hinzu kommt eine dritte Sättigungsfarbe (Rot), die den gesamten Sättigungsbereich markiert und darauf hinweist, dass der Bereich wahrscheinlich geändert werden sollte.
Tageslicht	Bezeichnet den Videomodus einer Infrarotkamera im Gegensatz zum normalen thermografischen Modus. Im Videomodus zeichnet die Kamera herkömmliche Videobilder auf, während sie im Infrarotmodus Wärmebilder aufzeichnet.
Temperaturdifferenz	Ein Wert, der durch die Subtraktion zweier Temperaturwerte berechnet wird.
Temperaturmessbereich	Der aktuelle Temperaturmessbereich einer Infrarotkamera. Kameras können über mehrere Bereiche verfügen. Sie werden mit Hilfe von zwei Schwarzkörpertemperaturwerten angegeben, die als Grenzwerte für die aktuelle Kalibrierung dienen.
Temperaturskala	Die aktuelle Anzeigeart eines Infrarotbildes. Wird mit Hilfe von zwei Temperaturwerten angegeben, die die Farben abgrenzen.
Thermogramm	Ein Infrarotbild.
Transmission (Transmissionsgrad)	Gase und Festkörper sind verschieden durchlässig. Die Transmission gibt die Menge der Infrarotstrahlung an, die sie durchlassen. Eine Zahl zwischen 0 und 1.
Transparente Isotherme	Eine Isotherme, bei der anstelle der hervorgehobenen Teile des Bildes eine lineare Farbverteilung angezeigt wird.
Umgebung	Objekte und Gase, die Strahlung an das Messobjekt abgeben.
Wärmeleitung	Der Vorgang, bei dem sich Wärme in einem Material ausbreitet.
Wärmeübergang (Konvektion)	Konvektion ist ein Wärmeübergangsmodus, bei dem eine Flüssigkeit durch Gravität oder eine andere Kraft in Bewegung gebracht wird und so Wärme von einem Ort auf den anderen überträgt.

15 Thermografische Messtechniken

15.1 Einleitung

Eine Infrarotkamera misst die von einem Objekt abgegebene Infrarotstrahlung und bildet sie ab. Da die Infrarotstrahlung eine Funktion der Oberflächentemperatur eines Objekts ist, kann die Kamera diese Temperatur berechnen und darstellen.

Die von der Kamera gemessene Strahlung hängt jedoch nicht nur von der Temperatur des Objekts, sondern auch vom Emissionsgrad ab. Auch aus der Umgebung des Objekts stammt Strahlung, die im Objekt reflektiert wird. Die Strahlung des Objekts und die reflektierte Strahlung werden auch von der Absorption der Atmosphäre beeinflusst.

Um Temperaturen messen zu können, müssen die Auswirkungen verschiedener Strahlungsquellen kompensiert werden. Dies wird von der Kamera automatisch durchgeführt. Der Kamera müssen jedoch die folgenden Objektparameter übermittelt werden:

- Der Emissionsgrad des Objekts
- Die reflektierte scheinbare Temperatur
- Der Abstand zwischen Objekt und Kamera
- Die relative Luftfeuchtigkeit
- Die Atmosphärentemperatur

15.2 Emissionsgrad

Der Objektparameter, bei dem eine richtige Einstellung am wichtigsten ist, ist der Emissionsgrad. Dieser Wert gibt an, wie viel Strahlung das Objekt im Vergleich zu einem völlig schwarzen Objekt abgibt.

In der Regel gelten für Objektwerkstoffe und Oberflächenbeschichtungen Emissionsgrade von etwa 0,1 bis 0,95. Der Emissionsgrad einer hochpolierten Oberfläche (Spiegel) liegt unter 0,1, während eine oxidierte oder gestrichene Oberfläche einen höheren Emissionsgrad aufweist. Ölfarbe hat unabhängig von der Farbe im sichtbaren Spektrum im Infrarotbereich einen Emissionsgrad von über 0,9. Der Emissionsgrad der menschlichen Haut liegt zwischen 0,97 und 0,98.

Nicht oxidierte Metalle stellen einen Extremfall für perfekte Opazität und hohe Reflexivität dar, die sich mit der Wellenlänge kaum verändert. Daher ist der Emissionsgrad von Metallen niedrig und steigt lediglich mit der Temperatur an. Bei Nichtmetallen ist der Emissionsgrad im Allgemeinen höher und nimmt mit sinkender Temperatur ab.

15.2.1 Ermitteln des Emissionsgrades eines Objekts

15.2.1.1 Schritt 1: Bestimmen der reflektierten Strahlungstemperatur

Die reflektierte scheinbare Temperatur können Sie mit einer der folgenden Methoden bestimmen:

15.2.1.1.1 Methode 1: Direkte Methode

Gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Suchen Sie nach möglichen Reflektionsquellen und beachten Sie hierbei Folgendes: Einfallswinkel = Reflektionswinkel (a = b).

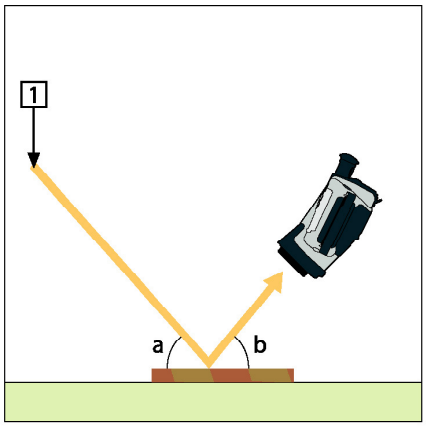


Abbildung 15.1 1 = Reflektionsquelle

2. Wenn es sich bei der Reflektionsquelle um einen Punkt handelt, verdecken Sie sie mit einem Stück Karton.

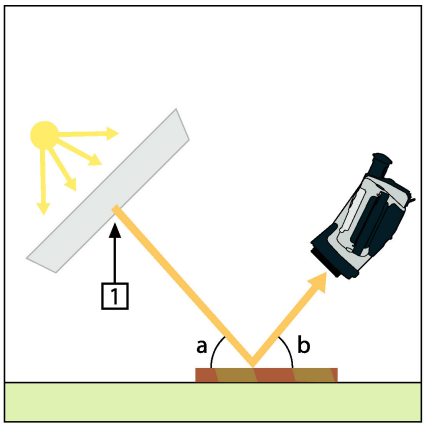


Abbildung 15.2 1 = Reflektionsquelle

3. Messen Sie die Intensität der von der Reflektionsquelle ausgehenden Strahlung (= scheinbare Temperatur) unter Verwendung der folgenden Einstellungen:
   - Emissionsgrad: 1,0
   - D_{obj}: 0

   Sie können die Intensität der Strahlung mit einer der folgenden beiden Methoden ermitteln:

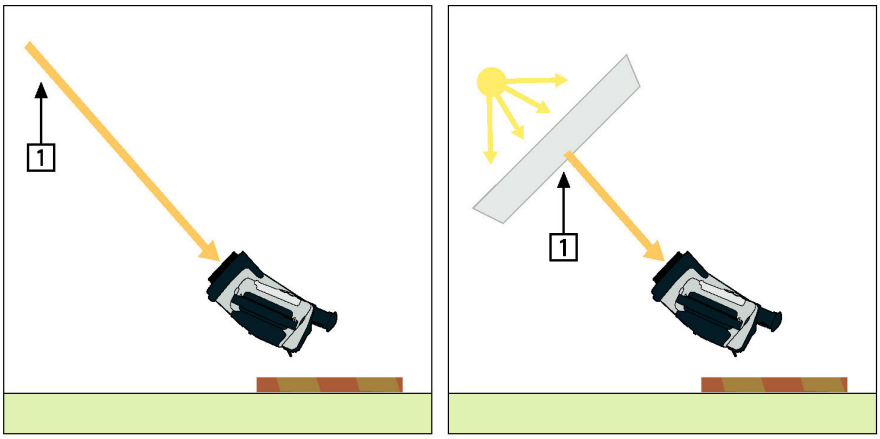


Abbildung 15.3 1 = Reflektionsquelle

HINWEIS

Von der Verwendung eines Thermoelements zur Ermittlung der reflektierten scheinbaren Temperatur wird abgeraten. Dies hat zwei wichtige Gründe:

- Ein Thermoelement misst nicht die Strahlungsintensität.
- Die Verwendung eines Thermoelements erfordert einen sehr guten thermischen Oberflächenkontakt. Dies wird in der Regel durch Kleben und Abdecken des Sensors mit einem thermischen Isolator erzielt.

15.2.1.1.2 Methode 2: Reflektormethode

Gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Knüllen Sie ein großes Stück Aluminiumfolie zusammen.
2. Streichen Sie die Aluminiumfolie wieder glatt und befestigen Sie sie an einem Stück Karton mit derselben Größe.
3. Platzieren Sie den Karton vor dem Objekt, an dem Sie die Messung durchführen möchten. Die Seite, an der die Aluminiumfolie befestigt ist, muss zur Kamera zeigen.
4. Stellen Sie als Emissionsgrad 1,0 ein.

5. Messen Sie die scheinbare Temperatur der Aluminiumfolie und notieren Sie sie.

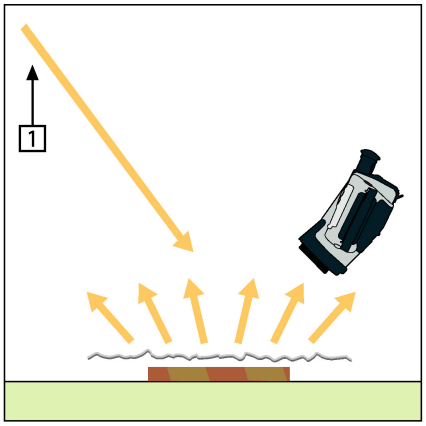


Abbildung 15.4 Messen der scheinbaren Temperatur der Aluminiumfolie.

15.2.1.2 Schritt 2: Ermitteln des Emissionsgrades

Gehen Sie folgendermaßen vor:

1. Wählen Sie die Stelle aus, an der das Messobjekt platziert werden soll.
2. Ermitteln Sie die reflektierte Strahlungstemperatur und stellen Sie sie ein. Gehen Sie hierbei wie oben angegeben vor.
3. Kleben Sie ein Stück Isolierband mit bekanntem, hohem Emissionsgrad auf das Objekt.
4. Erwärmen Sie das Objekt auf mindestens 20 K über Raumtemperatur. Die Erwärmung muss gleichmäßig erfolgen.
5. Stellen Sie den Fokus ein, verwenden Sie die automatische Abgleichfunktion der Kamera und erzeugen Sie ein Standbild.
6. Stellen Sie *Level* und *Span* ein, um optimale Bildhelligkeit und optimalen Kontrast zu erzielen.
7. Stellen Sie den Emissionsgrad des Isolierbandes ein (in der Regel 0,97).
8. Messen Sie die Temperatur des Bandes mit Hilfe einer der folgenden Messfunktionen:
   - *Isotherme* (Hiermit können Sie feststellen, wie hoch die Temperatur ist und wie gleichmäßig das Messobjekt erwärmt wurde)
   - *Punkt* (einfach)
   - *Rechteck Durchschn.* (besonders geeignet für Oberflächen mit variierendem Emissionsgrad).
9. Notieren Sie die Temperatur.
10. Verschieben Sie Ihre Messfunktion zur Objektoberfläche.
11. Ändern Sie die Emissionsgradeinstellung, bis Sie dieselbe Temperatur wie bei Ihrer letzten Messung ablesen.
12. Notieren Sie den Emissionsgrad.

HINWEIS

- Vermeiden Sie eine erzwungene Konvektion.
- Suchen Sie nach einer Umgebung mit stabiler Temperatur, in der keine punktförmigen Reflektionen entstehen können.
- Verwenden Sie hochwertiges, nicht transparentes Band mit einem bekannten, hohen Emissionsgrad.
- Bei dieser Methode wird davon ausgegangen, dass die Temperatur des Bandes und die der Objektoberfläche gleich sind. Ist dies nicht der Fall, liefert Ihre Emissionsgradmessung falsche Ergebnisse.

15.3 Reflektierte scheinbare Temperatur

Dieser Parameter dient als Ausgleich für die Strahlung, die im Objekt reflektiert wird. Wenn der Emissionsgrad niedrig ist und die Objekttemperatur sich relativ stark von der reflektierten Temperatur unterscheidet, muss die reflektierte scheinbare Temperatur unbedingt korrekt eingestellt und kompensiert werden.

15.4 Abstand

Der Abstand ist die Entfernung zwischen dem Objekt und der Vorderseite des Kameraobjektivs. Dieser Parameter dient zur Kompensation folgender Gegebenheiten:

- Die vom Messobjekt abgegebene Strahlung wird von der Atmosphäre zwischen Objekt und Kamera absorbiert.
- Die Atmosphärenstrahlung an sich wird von der Kamera erkannt.

15.5 Relative Luftfeuchtigkeit

Die Kamera kann auch die Tatsache kompensieren, dass die Übertragung zudem von der relativen Luftfeuchtigkeit der Atmosphäre abhängt. Dazu stellen Sie die relative Luftfeuchtigkeit auf den richtigen Wert ein. Für kurze Abstände und normale Luftfeuchtigkeit können Sie für die relative Luftfeuchtigkeit normalerweise den Standardwert von 50 % beibehalten.

15.6 Weitere Parameter

Darüber hinaus können Sie mit einigen Kameras und Analyseprogrammen von FLIR Systems folgende Parameter kompensieren:

- Atmosphärentemperatur, *d. h.* die Temperatur der Atmosphäre zwischen Kamera und Messobjekt.
- Temperatur externe Optik, *d. h.* die Temperatur der vor der Kamera verwendeten externen Objektive und Fenster.
- Transmissionsgrad der externen Optik – *d. h.*die Durchlässigkeit von externen Objektiven oder Fenstern, die vor der Kamera verwendet werden.

16 Geschichte der Infrarot-Technologie

Vor nicht ganz 200 Jahren war der infrarote Teil des elektromagnetischen Spektrums noch gänzlich unbekannt. Die ursprüngliche Bedeutung des infraroten Spektrums, auch häufig als Infrarot bezeichnet, als Form der Wärmestrahlung war zur Zeit seiner Entdekkung durch Herschel im Jahr 1800 möglicherweise augenfälliger als heute.

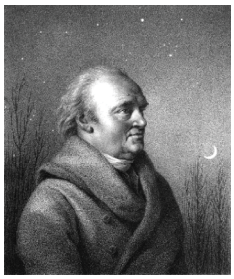


Abbildung 16.1 Sir William Herschel (1738 – 1822)

Die Entdeckung war ein Zufall während der Suche nach einem neuen optischen Material. Sir William Herschel, Hofastronom bei König Georg III von England und bereits aufgrund seiner Entdeckung des Planeten Uranus berühmt, suchte nach einem optischen Filtermaterial zur Reduzierung der Helligkeit des Sonnenabbilds in Teleskopen bei Beobachtungen der Sonne. Beim Testen verschiedener Proben aus farbigem Glas, bei denen die Reduzierung der Helligkeit ähnlich war, fand er heraus, dass einige Proben sehr wenig, andere allerdings so viel Sonnenwärme durchließen, dass er bereits nach wenigen Sekunden der Beobachtung eine Augenschädigung riskierte.

Sehr bald war Herschel von der Notwendigkeit eines systematischen Experiments überzeugt. Dabei setzte er sich das Ziel ein Material zu finden, mit dem sowohl die gewünschte Reduzierung der Helligkeit als auch die maximale Verringerung der Wärme erzielt werden konnte. Er begann sein Experiment mit der Wiederholung des Prismenexperiments von Newton, achtete dabei jedoch mehr auf den Wärmeeffekt als auf die visuelle Verteilung der Intensität im Spektrum. Zuerst färbte er die Spitze eines empfindlichen Quecksilberthermometers mit schwarzer Tinte und testete damit als Messeinrichtung die Erwärmung der verschiedenen Farben des Spektrums, die sich auf einem Tisch bildeten, indem Sonnenlicht durch ein Glasprisma geleitet wurde. Andere Thermometer, die sich außerhalb der Sonneneinstrahlung befanden, dienten zur Kontrolle.

Beim langsamen Bewegen des schwarz gefärbten Thermometers durch die Farben des Spektrums zeigte sich, dass die Temperatur von Violett nach Rot kontinuierlich anstieg. Dies war nicht ganz unerwartet, da der italienische Forscher Landriani in einem ähnlichen Experiment im Jahr 1777 den gleichen Effekt beobachtet hatte. Herschel erkannte jedoch als erster, dass es einen Punkt geben muss, an dem die Erwärmung einen Höhepunkt erreicht, und dass bei Messungen am sichtbaren Teil des Spektrums dieser Punkt nicht gefunden wurde.

Abbildung 16.2 Marsilio Landriani (1746 – 1815)

Durch das Bewegen des Thermometers in den dunklen Bereich hinter dem roten Ende des Spektrums bestätigte Herschel, dass die Erwärmung weiter zunahm. Er fand den

Punkt der maximalen Erwärmung schließlich weit hinter dem roten Bereich. Heute wird dieser Bereich "infrarote Wellenlänge" genannt.

Herschel bezeichnete diesen neuen Teil des elektromagnetischen Spektrums als "thermometrisches Spektrum". Die Abstrahlung selbst nannte er manchmal "dunkle Wärme" oder einfach "die unsichtbaren Strahlen". Entgegen der vorherrschenden Meinung stammt der Begriff "infrarot" nicht von Herschel. Dieser Begriff tauchte gedruckt etwa 75 Jahre später auf, und es ist immer noch unklar, wer ihn überhaupt einführte.

Die Verwendung von Glas in den Prismen bei Herschels ursprünglichem Experiment führte zu einigen kontroversen Diskussionen mit seinen Zeitgenossen über die tatsächliche Existenz der infraroten Wellenlängen. Bei dem Versuch, seine Arbeit zu bestätigen, verwendeten verschiedene Forscher wahllos unterschiedliche Glasarten, was zu unterschiedlichen Lichtdurchlässigkeiten im Infrarotbereich führte. Durch seine späteren Experimente war sich Herschel der begrenzten Lichtdurchlässigkeit von Glas bezüglich der neu entdeckten thermischen Abstrahlung bewusst und schloss daraus, dass optische Systeme, die den Infrarotbereich nutzen wollten, ausschließlich reflektive Elemente (d. h. ebene und gekrümmte Spiegel) verwenden konnten. Glücklicherweise galt dies nur bis 1830, als der italienische Forscher Melloni entdeckte, dass natürliches Steinsalz (NaCl), das in großen natürlichen Kristallen zur Verwendung in Linsen und Prismen vorhanden war, äußerst durchlässig für den Infrarotbereich ist. Nach dieser Entdeckung wurde Steinsalz für die nächsten hundert Jahre das optische Hauptmaterial für Infrarot, bis in den dreißiger Jahren des 20. Jahrhunderts Kristalle synthetisch gezüchtet werden konnten.

Abbildung 16.3 Macedonio Melloni (1798 – 1854)

Bis 1829 wurden ausschließlich Thermometer zum Messen der Abstrahlung verwendet. In diesem Jahr erfand Nobili das Thermoelement. (Das Thermometer von Herschel hatte einen Messbereich bis 0,2 °C (0,036 °F), spätere Modelle konnten bis 0,05 °C (0,09 °F) messen.) Melloni gelang ein Durchbruch, als er mehrere Thermoelemente in Serie schaltete und so die erste Thermosäule schuf. Das neue Gerät konnte Wärmeabstrahlung mindestens 40-mal empfindlicher messen als das beste zu dieser Zeit vorhandene Thermometer. So konnte es beispielsweise die Wärme einer drei Meter entfernten Person messen.

Das erste sogenannte "Wärmebild" wurde 1840 möglich, als Ergebnis der Arbeit von Sir John Herschel, Sohn des Entdeckers des Infrarotbereichs und selbst berühmter Astronom. Basierend auf der unterschiedlichen Verdampfung eines dünnen Ölfilms, wenn dieser einem Wärmemuster ausgesetzt wird, wurde das thermische Bild durch Licht, das sich auf dem Ölfilm unterschiedlich spiegelt, für das Auge sichtbar. Sir John gelang es auch, einen einfachen Abzug eines thermischen Bildes auf Papier zu erhalten, der "Thermograph" genannt wurde.

Abbildung 16.4 Samuel P. Langley (1834 – 1906)

Nach und nach wurde die Empfindlichkeit der Infrarotdetektoren verbessert. Ein weiterer Durchbruch gelang Langley im Jahr 1880 mit der Erfindung des Bolometers. Es handelte sich dabei um einen dünnen geschwärzten Platinstreifen, der in einem Arm einer Wheatstone-Brückenschaltung angeschlossen war und der infraroten Strahlung ausgesetzt sowie an ein empfindliches Galvanometer gekoppelt wurde. Damit konnte angeblich die Wärme einer Kuh gemessen werden, die 400 Meter entfernt war.

Ein englischer Wissenschaftler, Sir James Dewar, war der Erste, der bei Forschungen mit niedrigen Temperaturen flüssige Gase als Kühlmittel verwendete (wie beispielsweise flüssigen Stickstoff mit einer Temperatur von -196 °C). 1892 erfand er einen einzigartigen isolierenden Vakuumbehälter, in dem flüssige Gase tagelang aufbewahrt werden konnten. Die herkömmliche Thermosflasche zur Aufbewahrung heißer und kalter Getränke beruht auf dieser Erfindung.

Zwischen 1900 und 1920 "entdeckten" die Erfinder in aller Welt den Infrarotbereich. Viele Geräte zum Erkennen von Personen, Artillerie, Flugzeugen, Schiffen und sogar Eisbergen wurden patentiert. Die ersten modernen Überwachungssysteme wurden im Ersten Weltkrieg entwickelt, als beide Seiten Programme zur Erforschung des militärischen Nutzens von Infrarotstrahlung durchführten. Dazu gehörten experimentelle Systeme in Bezug auf das Eindringen/Entdecken von Feinden, die Messung von Temperaturen über große Entfernungen, sichere Kommunikation und die Lenkung "fliegender Torpedos". Ein Infrarotsuchsystem, das in dieser Zeit getestet wurde, konnte ein Flugzeug im Anflug in einer Entfernung von 1,5 km oder eine Person, die mehr als 300 Meter entfernt war, erkennen.

Die empfindlichsten Systeme dieser Zeit beruhten alle auf Variationen der Bolometer-Idee. Zwischen den beiden Weltkriegen wurden jedoch zwei neue, revolutionäre Infrarotdetektoren entwickelt: der Bildwandler und der Photonendetektor. Zunächst schenkte das Militär dem Bildwandler die größte Aufmerksamkeit, da der Beobachter mit diesem Gerät zum ersten Mal in der Geschichte im Dunkeln sehen konnte. Die Empfindlichkeit des Bildwandlers war jedoch auf die Nah-Infrarot-Wellenlängen beschränkt und die interessantesten militärischen Ziele (z. B. feindliche Soldaten) mussten mit Infrarot-Suchstrahlern ausgeleuchtet werden. Da hierbei das Risiko bestand, dass ein feindlicher Beobachter mit ähnlicher Ausrüstung die Position des Beobachters herausfand, schwand das militärische Interesse am Bildwandler.

Die taktischen militärischen Nachteile sogenannter aktiver (d. h. mit Suchstrahlern ausgestatteter) thermografischer Systeme gaben nach dem zweiten Weltkrieg den Anstoß zu umfangreichen geheimen Infrarot-Forschungsprogrammen des Militärs, wobei die Möglichkeiten "passiver" Systeme (ohne Suchstrahler) auf Grundlage des äußerst empfindlichen Photonendetektors erforscht wurden. In dieser Zeit wurde der Status der Infrarot-Technologie aufgrund von Geheimhaltungsvorschriften des Militärs nicht öffentlich bekannt gegeben. Erst Mitte der fünfziger Jahre wurde die Geheimhaltungspflicht gelockert und seitdem sind angemessene thermografische Geräte auch für die zivile Forschung und Industrie erhältlich.

17 Theorie der Thermografie

17.1 Einleitung

Das Gebiet der Infrarotstrahlung und die damit zusammenhängende Technik der Thermografie ist vielen Benutzern einer Infrarotkamera noch nicht vertraut. In diesem Abschnitt wird die der Thermografie zugrunde liegende Theorie behandelt.

17.2 Das elektromagnetische Spektrum

Das elektromagnetische Spektrum ist willkürlich in verschiedene Wellenlängenbereiche unterteilt, die als *Bänder* bezeichnet werden und sich jeweils durch die Methode zum Erzeugen und Messen von Strahlung unterscheiden. Es gibt keinen grundlegenden Unterschied zwischen der Strahlung in den verschiedenen Bändern des elektromagnetischen Spektrums. Für sie gelten dieselben Gesetze und die einzigen Unterschiede beruhen auf Unterschieden in der Wellenlänge.

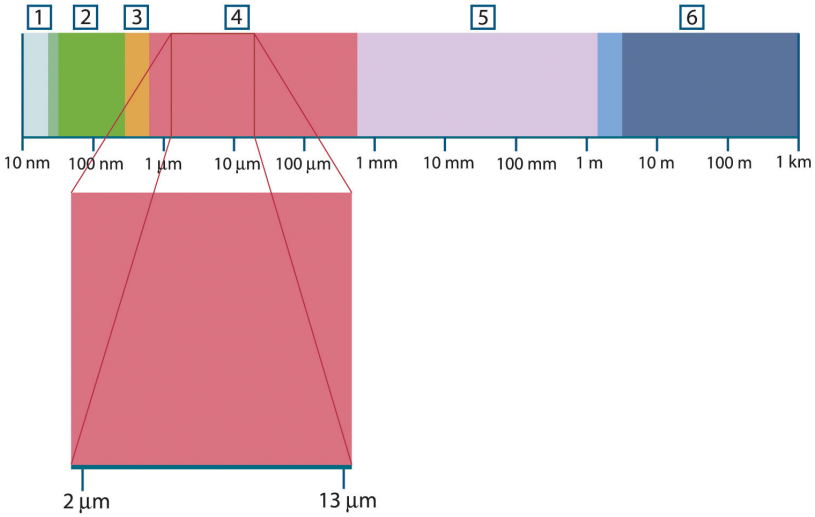


Abbildung 17.1 Das elektromagnetische Spektrum. 1: Röntgenstrahlung; 2: UV-Strahlung; 3: Sichtbares Licht; 4: IR-Strahlung; 5: Mikrowellen; 6: Radiowellen.

Die Thermografie nutzt das Infrarotspektralband aus. Am kurzwelligen Ende des Spektrums grenzt sie an das sichtbare Licht, bei Dunkelrot. Am langwelligen Ende des Spektrums geht sie in die Mikrowellen (Millimeterbereich) über.

Das Infrarotband ist weiter untergliedert in vier kleinere Bänder, deren Grenzen ebenfalls willkürlich gewählt sind. Sie umfassen: das *nahe Infrarot* (NIR) (0,75 – 3 µm), das *mittlere Infrarot* (MIR) (3 – 6 µm), das *ferne Infrarot* (FIR) (6 – 15 µm) und das *extreme Infrarot* (15 – 100 µm). Zwar sind die Wellenlängen in µm (Mikrometern) angegeben, doch werden zum Messen der Wellenlänge in diesem Spektralbereich oft noch andere Einheiten verwendet, *z. B.* Nanometer (nm) und Ångström (Å).

Das Verhältnis zwischen den verschiedenen Wellenlängenmaßeinheiten lautet wie folgt:

$$10\ 000\ \text{Å} = 1\ 000\ \text{nm} = 1\ \mu = 1\ \mu\text{m}$$

17.3 Strahlung des schwarzen Körpers

Ein schwarzer Körper ist definiert als ein Objekt, das jegliche einfallende Strahlung aller Wellenlängen absorbiert. Die offensichtlich falsche Bezeichnung *schwarz* im Zusammenhang mit einem Objekt, das Strahlung aussendet, wird durch das kirchhoffsche Gesetz (nach *Gustav Robert Kirchhoff*, 1824 – 1887) erklärt, das besagt, dass ein Körper, der in der Lage ist, die gesamte Strahlung beliebiger Wellenlängen zu absorbieren, ebenso in der Lage ist, Strahlung abzugeben.

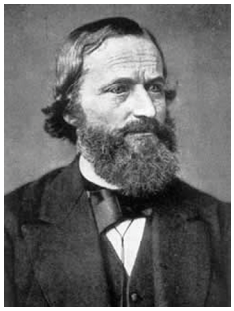


Abbildung 17.2 Gustav Robert Kirchhoff (1824 – 1887)

Der Aufbau eines schwarzen Körpers ist im Prinzip sehr einfach. Die Strahlungseigenschaften einer Öffnung in einem isothermen Behälter, die aus einem undurchsichtigen absorbierenden Material besteht, repräsentieren fast genau die Eigenschaften eines schwarzen Körpers. Eine praktische Anwendung des Prinzips auf die Konstruktion eines perfekten Strahlungsabsorbers besteht in einem Kasten, der mit Ausnahme einer Öffnung an einer Seite lichtundurchlässig ist. Jede Strahlung, die in das Loch gelangt, wird gestreut und durch wiederholte Reflexionen absorbiert, so dass nur ein unendlich kleiner Bruchteil entweichen kann. Die Schwärze, die an der Öffnung erzielt wird, entspricht fast einem schwarzen Körper und ist für alle Wellenlängen nahezu perfekt.

Durch Ergänzen eines solchen isothermen Behälters mit einer geeigneten Heizquelle erhält man einen so genannten *Hohlraumstrahler*. Ein auf eine gleichmäßige Temperatur aufgeheizter isothermer Kasten erzeugt die Strahlung eines schwarzen Körpers. Dessen Eigenschaften werden allein durch die Temperatur der des Hohlraums bestimmt. Solche Hohlraumstrahler werden gemeinhin als Strahlungsquellen in Temperaturreferenzstandards in Labors zur Kalibrierung thermografischer Instrumente, z. B. einer FLIR Systems-Kamera, verwendet.

Wenn die Temperatur der Strahlung des schwarzen Körpers auf über 525 °C steigt, wird die Quelle langsam sichtbar, so dass sie für das Auge nicht mehr schwarz erscheint. Dies ist die beginnende Rottemperatur der Strahlungsquelle, die dann bei weiterer Temperaturerhöhung orange oder gelb wird. Tatsächlich ist die sogenannte *Farbtemperatur* eines Objekts als die Temperatur definiert, auf die ein schwarzer Körper erhitzt werden müsste, um dasselbe Aussehen zu erzeugen.

Im Folgenden finden Sie drei Ausdrücke, mit denen die von einem schwarzen Körper abgegebene Strahlung beschrieben wird.

17.3.1 Planckscher Gesetz

Abbildung 17.3 Max Planck (1858 – 1947)

Max Planck (1858 – 1947) konnte die spektrale Verteilung der Strahlung eines schwarzen Körpers mit Hilfe der folgenden Formel darstellen:

$$W_{\lambda b} = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5 \left(e^{hc/\lambda kT} - 1\right)} \times 10^{-6} [Watt / m^2, \mu m]$$

Es gilt:

$W_{\lambda b}$	Spektrale Abstrahlung des schwarzen Körpers bei Wellenlänge λ
c	Lichtgeschwindigkeit = 3×10^8 m/s
h	Plancksche Konstante = $6{,}6 \times 10^{-34}$ Joule Sek
k	Boltzmann-Konstante = $1{,}4 \times 10^{-23}$ Joule/K
T	Absolute Temperatur (K) eines schwarzen Körpers
λ	Wellenlänge (µm)

HINWEIS

Der Faktor 10^{-6} wird verwendet, da die Spektralstrahlung in den Kurven in Watt/m², µm angegeben wird.

Die plancksche Formel erzeugt eine Reihe von Kurven, wenn sie für verschiedene Temperaturen dargestellt wird. Auf jeder planckschen Kurve ist die Spektralstrahlung Null bei λ = 0 und steigt dann bei einer Wellenlänge von λ_{max} rasch auf ein Maximum an und nähert sich nach Überschreiten bei sehr langen Wellenlängen wieder Null an. Je höher die Temperatur, desto kürzer ist die Wellenlänge, bei der das Maximum auftritt.

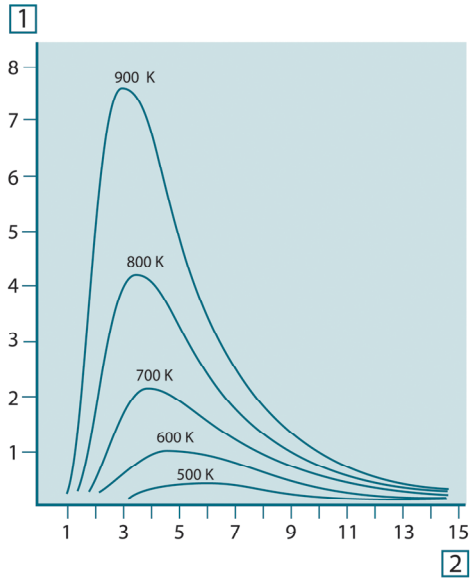


Abbildung 17.4 Die spektrale Abstrahlung eines schwarzen Körpers gemäß dem Planckschen Gesetz, für verschiedene absolute Temperaturen dargestellt. 1: Spektrale Abstrahlung (W/cm² × 10³(µm)); 2: Wellenlänge (µm)

17.3.2 Wiensches Verschiebungsgesetz

Durch Ableitung der planckschen Formel nach λ und Ermittlung des Maximums erhalten wir:

$$\lambda_{max} = \frac{2898}{T} [\mu m]$$

Dies ist das Wiensche Verschiebungsgesetz (benannt nach *Wilhelm Wien*, 1864 – 1928), die mathematisch darstellt, dass mit zunehmender Temperatur des thermischen Strahlers die Farben von Rot in Orange oder Gelb übergehen. Die Wellenlänge der

Farbe ist identisch mit der für λ_{max} berechneten Wellenlänge. Eine gute Näherung für den Wert von λ_{max} für einen gegebenen schwarzen Körper wird erzielt, indem die Faustregel 3000/T µm angewendet wird. So strahlt ein sehr heißer Stern, z. B. Sirius (11000 K), der bläulich weißes Licht abgibt, mit einem Spitzenwert der spektralen Abstrahlung, die innerhalb des unsichtbaren ultravioletten Spektrums bei der Wellenlänge 0,27 µm auftritt.

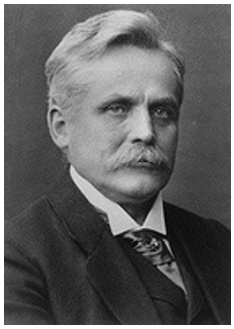


Abbildung 17.5 Wilhelm Wien (1864 – 1928)

Die Sonne (ca. 6000 K) strahlt gelbes Licht aus. Der Spitzenwert liegt in der Mitte des sichtbaren Lichtspektrums bei etwa 0,5 µm.

Bei Raumtemperatur (300 K) liegt der Spitzenwert der Abstrahlung bei 9,7 µm im fernen Infrarotbereich, während bei der Temperatur von flüssigem Stickstoff (77 K) das Maximum einer beinahe zu vernachlässigenden Abstrahlung bei 38 µm liegt – extreme Infrarot-Wellenlängen.

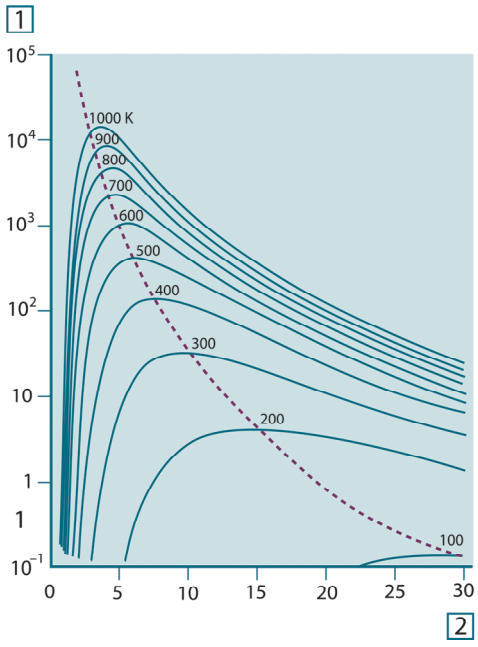


Abbildung 17.6 Plancksche Kurven auf halb-logarithmischen Skalen von 100 K bis 1000 K. Die gepunktete Linie stellt den Ort der maximalen Abstrahlung bei den einzelnen Temperaturen dar, wie sie vom Wienschen Verschiebungsgesetz beschrieben wird. 1: Spektrale Abstrahlung (W/cm² (µm)); 2: Wellenlänge (µm).

17.3.3 Stefan-Boltzmann-Gesetz

Durch Integration der Planckschen Formel von $\lambda = 0$ bis $\lambda = \infty$ erhält man die gesamte abgegebene Strahlung eines schwarzen Körpers (W_b):

$$W_b = \sigma T^4 \ [\mathrm{Watt/m^2}]$$

Das Stefan-Boltzmann-Gesetz (nach *Josef Stefan*, 1835 – 1893, und *Ludwig Boltzmann*, 1844 – 1906) besagt, dass die gesamte emittierte Energie eines schwarzen Körpers proportional zur vierten Potenz seiner absoluten Temperatur steigt. Grafisch stellt W_b die Fläche unterhalb der planckschen Kurve für eine bestimmte Temperatur dar. Die emittierte Strahlung im Intervall $\lambda = 0$ bis λ_{max} beträgt demnach nur 25 % der Gesamtstrahlung. Dies entspricht etwa der Strahlung der Sonne, die innerhalb des sichtbaren Spektralbereichs liegt.

Abbildung 17.7 Josef Stefan (1835 – 1893) und Ludwig Boltzmann (1844 – 1906)

Wenn wir die Stefan-Boltzmann-Formel zur Berechnung der von einem menschlichen Körper ausgestrahlten Leistung bei einer Temperatur von 300 K und einer externen Oberfläche von ca. 2 m² verwenden, erhalten wir 1 kW. Dieser Leistungsverlust ist nur erträglich aufgrund von kompensierender Absorption der Strahlung durch Umgebungsflächen, von Raumtemperaturen, die nicht zu sehr von der Körpertemperatur abweichen, oder natürlich durch Tragen von Kleidung.

17.3.4 Nicht-schwarze Körper als Strahlungsquellen

Bisher wurden nur schwarze Körper als Strahlungsquellen und die Strahlung schwarzer Körper behandelt. Reale Objekte erfüllen diese Gesetze selten über einen größeren Wellenlängenbereich, obwohl sie sich in bestimmten Spektralbereichen dem Verhalten der schwarzen Körper annähern mögen. So erscheint beispielsweise eine bestimmte Sorte von weißer Farbe im sichtbaren Bereich perfekt *weiß*, wird jedoch bei 2 µm deutlich *grau* und ab 3 µm sieht sie fast *schwarz* aus.

Es gibt drei Situationen, die verhindern können, dass sich ein reales Objekt wie ein schwarzer Körper verhält: Ein Bruchteil der auftretenden Strahlung α wird absorbiert, ein Bruchteil von ρ wird reflektiert und ein Bruchteil von τ wird übertragen. Da alle diese Faktoren mehr oder weniger abhängig von der Wellenlänge sind, wird der Index λ verwendet, um auf die spektrale Abhängigkeit ihrer Definitionen hinzuweisen. Daher gilt:

- Die spektrale Absorptionsfähigkeit α_λ = Verhältnis der spektralen Strahlungsleistung, die von einem Objekt absorbiert wird, zum Strahlungseinfall.
- Die spektrale Reflektionsfähigkeit ρ_λ = Verhältnis der spektralen Strahlungsleistung, die von einem Objekt reflektiert wird, zum Strahlungseinfall.
- Der spektrale Transmissionsgrad τ_λ = Verhältnis der spektralen Strahlungsleistung, die durch ein Objekt übertragen wird, zum Strahlungseinfall.

Die Summe dieser drei Faktoren muss für jede Wellenlänge immer den Gesamtwert ergeben. Daher gilt folgende Beziehung:

$$\alpha_\lambda + \rho_\lambda + \tau_\lambda = 1$$

Für undurchsichtige Materialien ist $\tau_\lambda = 0$. Die Beziehung vereinfacht sich zu:

$$\varepsilon_\lambda + \rho_\lambda = 1$$

Ein weiterer Faktor, Emissionsgrad genannt, ist zur Beschreibung des Bruchteils ε der Abstrahlung eines schwarzen Körpers, die von einem Objekt bei einer bestimmten Temperatur erzeugt wird, erforderlich. So gilt folgende Definition:

Der spektrale Emissionsgrad ε_λ = Verhältnis der spektralen Strahlungsleistung eines Objekts zu der spektralen Strahlungsleistung eines schwarzen Körpers mit derselben Temperatur und Wellenlänge.

Mathematisch ausgedrückt kann dies als Verhältnis der spektralen Strahlungsleistung des Objekts zur spektralen Strahlungsleistung eines schwarzen Körpers wie folgt beschrieben werden:

$$\varepsilon_\lambda = \frac{W_{\lambda o}}{W_{\lambda b}}$$

Generell gibt es drei Arten von Strahlungsquellen, die sich darin unterscheiden, wie sich die Spektralstrahlung jeder einzelnen mit der Wellenlänge ändert.

- Ein schwarzer Körper, für den gilt: $\varepsilon_\lambda = \varepsilon = 1$
- Ein grauer Körper, für den gilt: $\varepsilon_\lambda = \varepsilon$ = Konstante kleiner 1
- Ein selektiver Strahler, bei dem ε sich mit der Wellenlänge ändert

Nach dem kirchhoffschen Gesetz entsprechen für alle Werkstoffe die emittierte Strahlung und die spektrale Absorptionsfähigkeit eines Körpers einer bestimmten Temperatur und Wellenlänge. Das bedeutet:

$$\varepsilon_\lambda = \alpha_\lambda$$

Daraus erhalten wir für ein undurchsichtiges Material (da $\alpha_\lambda + \rho_\lambda = 1$):

$$\varepsilon_\lambda + \rho_\lambda = 1$$

Für hochpolierte Materialien nähert sich ε_λ Null an, so dass für einen vollkommen reflektierenden Werkstoff (*d. h.* einen perfekten Spiegel) gilt:

$$\rho_\lambda = 1$$

Für einen grauen Körper als Strahlungsquelle wird die Stefan-Boltzmann-Formel zu:

$$W = \varepsilon \sigma T^4 \, [\mathrm{Watt/m^2}]$$

Dies sagt aus, dass die gesamte Strahlungsleistung eines grauen Körpers dieselbe ist wie bei einem schwarzen Körper gleicher Temperatur, der proportional zum Wert von ε des grauen Körpers reduziert ist.

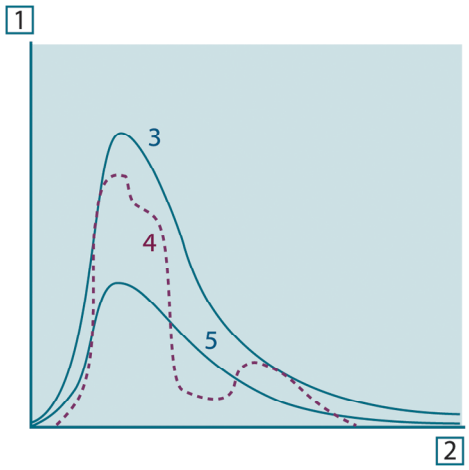


Abbildung 17.8 Spektrale Abstrahlung von drei Strahlertypen 1: Spektrale Abstrahlung; 2: Wellenlänge; 3: Schwarzer Körper; 4: Selektiver Strahler; 5: Grauer Körper.

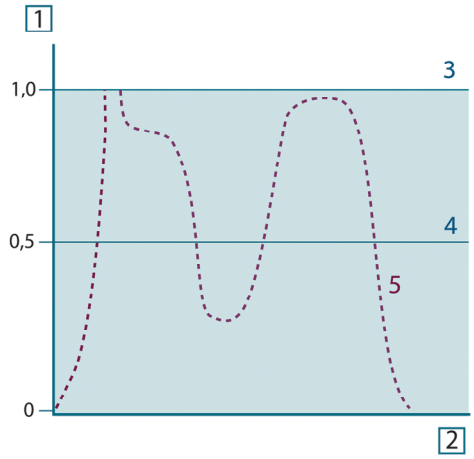


Abbildung 17.9 Spektraler Emissionsgrad von drei Strahlertypen 1: Spektraler Emissionsgrad; 2: Wellenlänge; 3: Schwarzer Körper; 4: Grauer Körper; 5: Selektiver Strahler.

17.4 Halb-transparente Infrarotmaterialien

Stellen Sie sich jetzt einen nicht-metallischen, halb-transparenten Körper vor, z. B. in Form einer dicken, flachen Scheibe aus Kunststoff. Wenn die Scheibe erhitzt wird, muss sich die in dem Körper erzeugte Strahlung durch den Werkstoff, in dem sie teilweise absorbiert wird, an die Oberflächen durcharbeiten. Wenn sie an der Oberfläche eintrifft, wird außerdem ein Teil davon in das Innere zurückreflektiert. Die zurückreflektierte Strahlung wird wiederum teilweise absorbiert, ein Teil davon gelangt jedoch zur anderen Oberfläche, durch die der größte Anteil entweicht; ein Teil davon wird wieder zurückreflektiert. Obwohl die nachfolgenden Reflexionen immer schwächer werden, müssen sie alle addiert werden, wenn die Gesamtstrahlung der Scheibe ermittelt werden soll. Wenn die resultierende geometrische Reihe summiert wird, ergibt sich der effektive Emissionsgrad einer halb-transparenten Scheibe als:

$$\varepsilon_\lambda = \frac{(1-\rho_\lambda)(1-\tau_\lambda)}{1-\rho_\lambda\tau_\lambda}$$

Wenn die Scheibe undurchsichtig wird, reduziert sich diese Formel auf die einzelne Formel:

$$\varepsilon_\lambda = 1-\rho_\lambda$$

Diese letzte Beziehung ist besonders praktisch, da es oft einfacher ist, die Reflexionsfähigkeit zu messen, anstatt den Emissionsgrad direkt zu messen.

18 Die Messformel

Wie bereits erwähnt empfängt die Kamera beim Betrachten eines Objekts nicht nur die Strahlung vom Objekt selbst. Sie nimmt auch die Strahlung aus der Umgebung auf, die von der Objektoberfläche reflektiert wird. Beide Strahlungsanteile werden bis zu einem gewissen Grad durch die Atmosphäre im Messpfad abgeschwächt. Dazu kommt ein dritter Strahlungsanteil von der Atmosphäre selbst.

Diese Beschreibung der Messsituation, wie in der folgenden Abbildung dargestellt, ist eine recht genaue Erläuterung der tatsächlichen Bedingungen. Vernachlässigt wurden wahrscheinlich die Streuung des Sonnenlichts in der Atmosphäre oder die Streustrahlung von starken Strahlungsquellen außerhalb des Betrachtungsfeldes. Solche Störungen sind schwer zu quantifizieren, in den meisten Fällen jedoch glücklicherweise so gering, dass sie vernachlässigbar sind. Ist dies nicht der Fall, ist die Messkonfiguration wahrscheinlich so ausgelegt, dass zumindest ein erfahrener Bediener das Störungsrisiko erkennen kann. Dann liegt es in seiner Verantwortung, die Messsituation so zu ändern, dass Störungen vermieden werden, z. B. durch Ändern der Betrachtungsrichtung, Abschirmen starker Strahlungsquellen usw.

Unter Berücksichtigung der obigen Beschreibung kann mit Hilfe der nachfolgenden Abbildung eine Formel zur Berechnung der Objekttemperatur über das Ausgangssignal der kalibrierten Kamera abgeleitet werden.

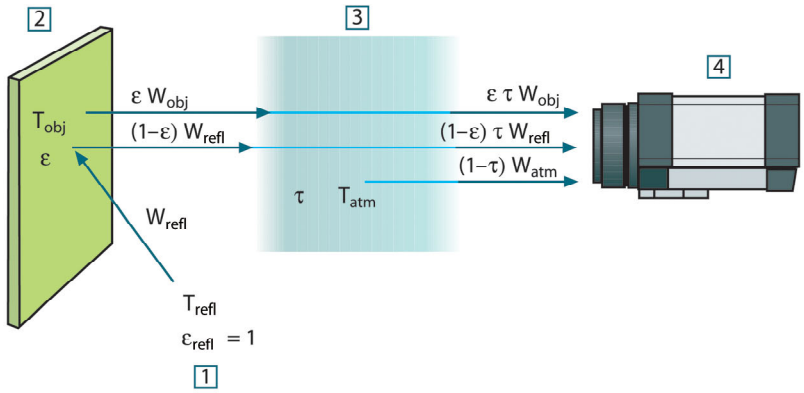


Abbildung 18.1 Schematische Darstellung der allgemeinen thermografischen Messsituation 1: Umgebung; 2: Objekt; 3: Atmosphäre; 4: Kamera

Wir gehen davon aus, dass die empfangene Strahlungsleistung W von einem Schwarzkörper als Temperaturquelle T_{source} bei einer kurzen Entfernung ein Ausgabesignal U_{source} der Kamera erzeugt, das proportional zum Leistungseingang ist (Kamera mit linearer Leistung). Daraus ergibt sich (Gleichung 1):

$$U_{source} = CW(T_{source})$$

oder einfacher ausgedrückt:

$$U_{source} = CW_{source}$$

wobei C eine Konstante ist.

Handelt es sich um einen Graukörper mit der Abstrahlung ε, ist die empfangene Strahlung folglich εW_{source}.

Jetzt können wir die drei gesammelten Größen zur Strahlungsleistung notieren:

1. *Emission vom Objekt* = $\varepsilon\tau W_{obj}$, wobei ε die Abstrahlung des Objekts und τ die Transmission der Atmosphäre ist. Die Objekttemperatur ist T_{obj}.

2. *Reflektierte Emission von Strahlungsquellen der Umgebung* = (1 – ε)τW_{refl}, wobei (1 – ε) die Reflektion des Objekts ist. Die Strahlungsquellen der Umgebung haben die Temperatur T_{refl}.
   Hier wurde davon ausgegangen, dass die Temperatur T_{refl} für alle emittierenden Oberflächen innerhalb der Halbsphäre, die von einem Punkt auf der Objektoberfläche betrachtet wird, gleich ist. Dies ist in einigen Fällen natürlich eine Vereinfachung der tatsächlichen Situation. Diese ist jedoch notwendig, damit eine praktikable Formel abgeleitet werden kann. T_{refl} kann – zumindest theoretisch – ein Wert zugewiesen werden, der eine effiziente Temperatur einer komplexen Umgebung darstellt.

   Als Abstrahlung für die Umgebung wurde der Wert 1 angenommen. Dies ist in Übereinstimmung mit dem kirchhoffschen Gesetz richtig: Die gesamte Strahlung, die auf die umgebenden Oberflächen auftritt, wird schließlich von diesen absorbiert. Daher ist die Abstrahlung = 1. (Es ist zu beachten, dass entsprechend neuester Erkenntnisse die gesamte Sphäre um das betreffende Objekt beachtet werden muss.)
3. *Emission von Atmosphäre* = (1 – τ)τW_{atm}, wobei (1 – τ) die Abstrahlung der Atmosphäre ist. Die Temperatur der Atmosphäre ist T_{atm}.

Die gesamte empfangene Strahlungsleistung kann nun notiert werden (Gleichung 2):

$$W_{tot} = \varepsilon\tau W_{obj} + (1-\varepsilon)\,\tau W_{refl} + (1-\tau)\,W_{atm}$$

Wir multiplizieren jeden Ausdruck mit der Konstante C aus Gleichung 1 und ersetzen die Produkte aus CW durch das entsprechende U gemäß derselben Gleichung und erhalten (Gleichung 3):

$$U_{tot} = \varepsilon\tau U_{obj} + (1-\varepsilon)\,\tau U_{refl} + (1-\tau)\,U_{atm}$$

Gleichung 3 wird nach U_{obj} aufgelöst (Gleichung 4):

$$U_{obj} = \frac{1}{\varepsilon\tau}U_{tot} - \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon}U_{refl} - \frac{1-\tau}{\varepsilon\tau}U_{atm}$$

Dies ist die allgemeine Messformel, die in allen thermografischen Geräten von FLIR Systems verwendet wird. Die Spannungen der Formel lauten:

Tabelle 18.1 Spannungen

U_{obj}	Berechnete Ausgabespannung der Kamera für einen Schwarzkörper der Temperatur T_{obj}, also eine Spannung, die sofort in die tatsächliche Temperatur des betreffenden Objekts umgewandelt werden kann.
U_{tot}	Gemessene Ausgabespannung der Kamera für den tatsächlichen Fall.
U_{refl}	Theoretische Ausgabespannung der Kamera für einen Schwarzkörper der Temperatur T_{refl} entsprechend der Kalibrierung.
U_{atm}	Theoretische Ausgabespannung der Kamera für einen Schwarzkörper der Temperatur T_{atm} entsprechend der Kalibrierung.

Der Bediener muss mehrere Parameterwerte für die Berechnung liefern:

- die Objektabstrahlung ε,
- die relative Luftfeuchtigkeit,
- T_{atm}
- Objektentfernung (D_{obj})
- die (effektive) Temperatur der Objektumgebung oder die reflektierte Umgebungstemperatur T_{refl} und
- die Temperatur der Atmosphäre T_{atm}

Diese Aufgabe ist für den Bediener oft schwierig, da normalerweise die genauen Werte für die Abstrahlung und die Transmission der Atmosphäre für den tatsächlichen Fall nur schwer zu ermitteln sind. Die zwei Temperaturen sind für gewöhnlich ein geringeres

Problem, wenn in der Umgebung keine großen und intensiven Strahlungsquellen vorhanden sind.

Eine natürliche Frage in diesem Zusammenhang ist: Wie wichtig ist die Kenntnis der richtigen Werte dieser Parameter? Es kann hilfreich sein, bereits an dieser Stelle ein Gefühl für diese Problematik zu entwickeln, indem verschiedene Messfälle betrachtet und die relativen Größen der drei Strahlungsgrößen verglichen werden. Daraus lässt sich ersehen, wann es wichtig ist, die richtigen Werte bestimmter Parameter zu verwenden.

Die folgenden Zahlen stellen die relativen Größen der drei Strahlungsanteile für drei verschiedene Objekttemperaturen, zwei Abstrahlungen und zwei Spektralbereiche dar: SW und LW. Die übrigen Parameter haben die folgenden festen Werte:

- τ: 0,88
- T_{refl} = +20 °C
- T_{atm} = +20 °C

Es ist offensichtlich, dass die Messung niedriger Objekttemperaturen kritischer ist als die Messung hoher Temperaturen, da die Störstrahlungsquellen im ersteren Fall vergleichsweise stärker sind. Falls zusätzlich die Objektabstrahlung schwach ist, wird die Situation noch schwieriger.

Schließlich muss geklärt werden, wie wichtig es ist, die Kalibrierungskurve über dem höchsten Kalibrierungspunkt nutzen zu dürfen (Extrapolation genannt). Angenommen, in einem bestimmten Fall werden U_{tot} = 4,5 Volt gemessen. Der höchste Kalibrierungspunkt der Kamera liegt im Bereich von 4,1 Volt, einem Wert, der dem Bediener unbekannt ist. Selbst wenn das Objekt ein Schwarzkörper ist, also $U_{obj} = U_{tot}$ ist, wird tatsächlich eine Extrapolation der Kalibrierungskurve durchgeführt, wenn 4,5 Volt in Temperatur umgerechnet werden.

Es wird nun angenommen, dass das Objekt nicht schwarz ist, seine Abstrahlung 0,75 und die Transmission 0,92 betragen. Weiterhin wird davon ausgegangen, dass die beiden zweiten Ausdrücke der Gleichung 4 zusammen 0,5 Volt ergeben. Die Berechnung von U_{obj} mit Hilfe der Gleichung 4 ergibt dann U_{obj} = 4,5 / 0,75 / 0,92 – 0,5 = 6,0. Dies ist eine recht extreme Extrapolation, besonders wenn man bedenkt, dass der Videoverstärker die Ausgabe wahrscheinlich auf 5 Volt beschränkt. Beachten Sie jedoch, dass die Anwendung der Kalibrierungskurve eine theoretische Vorgehensweise ist, bei der weder elektronische noch andere Beschränkungen bestehen. Wir sind davon überzeugt, dass bei einer fehlenden Signalbegrenzung in der Kamera und deren Kalibrierung auf weit mehr als 5 Volt die entstehende Kurve der tatsächlichen Kurve mit einer Extrapolation von mehr als 4,1 Volt sehr ähnlich gewesen wäre, vorausgesetzt, der Kalibrierungsalgorithmus beruht auf Gesetzen der Strahlungsphysik, wie zum Beispiel der Algorithmus von FLIR Systems. Natürlich muss es für solche Extrapolationen eine Grenze geben.

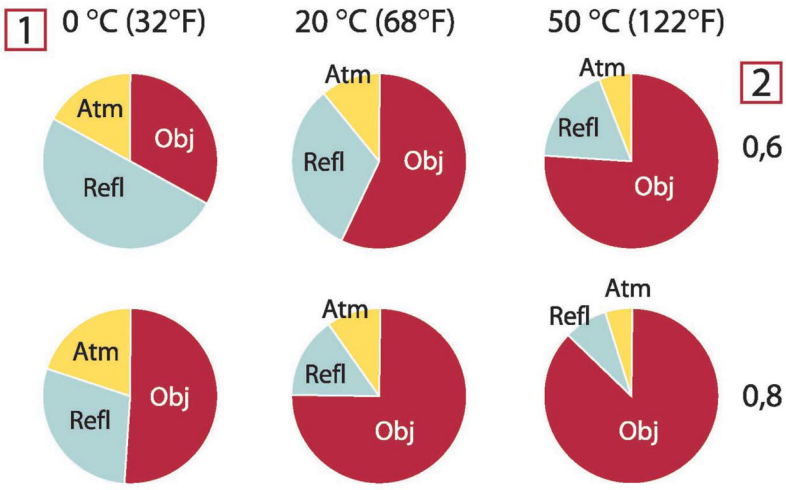


Abbildung 18.2 Relative Größen der Strahlungsquellen unter verschiedenen Messbedingungen (SW-Kamera). 1: Objekttemperatur; 2: Abstrahlung; Obj: Objektstrahlung; Refl: Reflektierte Strahlung; Atm: Atmosphärenstrahlung. Feste Parameter: $\tau = 0{,}88$; $T_{refl} = 20$ °C; $T_{atm} = 20$ °C.

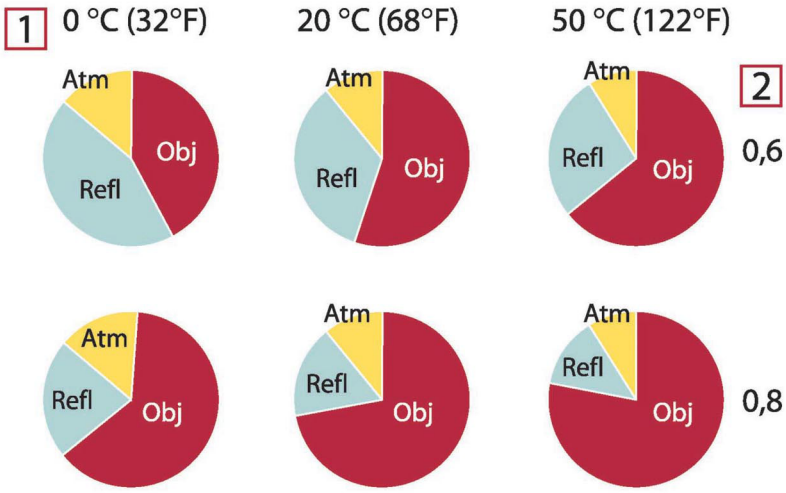


Abbildung 18.3 Relative Größen der Strahlungsquellen unter verschiedenen Messbedingungen (LW-Kamera). 1: Objekttemperatur; 2: Abstrahlung; Obj: Objektstrahlung; Refl: Reflektierte Strahlung; Atm: Atmosphärenstrahlung. Feste Parameter: $\tau = 0{,}88$; $T_{refl} = 20$ °C; $T_{atm} = 20$ °C.

19 Emissionstabellen

In diesem Abschnitt finden Sie eine Aufstellung von Emissionsdaten aus der Fachliteratur und eigenen Messungen von FLIR Systems.

19.1 Referenzen

1. Mikaél A. Bramson: *Infrared Radiation, A Handbook for Applications*, Plenum press, N.Y.
2. William L. Wolfe, George J. Zissis: *The Infrared Handbook*, Office of Naval Research, Department of Navy, Washington, D.C.
3. Madding, R. P.: *Thermographic Instruments and systems*. Madison, Wisconsin: University of Wisconsin – Extension, Department of Engineering and Applied Science.
4. William L. Wolfe: *Handbook of Military Infrared Technology*, Office of Naval Research, Department of Navy, Washington, D.C.
5. Jones, Smith, Probert: *External thermography of buildings...,* Proc. of the Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers, vol.110, Industrial and Civil Applications of Infrared Technology, June 1977 London.
6. Paljak, Pettersson: *Thermography of Buildings*, Swedish Building Research Institute, Stockholm 1972.
7. Vlcek, J: *Determination of emissivity with imaging radiometers and some emissivities at λ = 5 µm.* Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.
8. Kern: *Evaluation of infrared emission of clouds and ground as measured by weather satellites*, Defence Documentation Center, AD 617 417.
9. Öhman, Claes: *Emittansmätningar med AGEMA E-Box*. Teknisk rapport, AGEMA 1999. (Emittance measurements using AGEMA E-Box. Technical report, AGEMA 1999.)
10. Matteï, S., Tang-Kwor, E: *Emissivity measurements for Nextel Velvet coating 811-21 between –36°C AND 82°C.*
11. Lohrengel & Todtenhaupt (1996)
12. ITC Technical publication 32.
13. ITC Technical publication 29.

HINWEIS

Die Emissionswerte in der Tabelle unten wurden mit einer Kurzwellenkamera aufgenommen. Die Werte gelten lediglich als Empfehlung und sind mit Sorgfalt zu verwenden.

19.2 Tabellen

Tabelle 19.1 T: Gesamtspektrum; SW: 2–5 µm; LW: 8–14 µm, LLW: 6.5–20 µm; 1: Material; 2: Spezifizierung; 3:Temperatur in °C; 4: Spektrum; 5: Emissionsgrad: 6:Referenz

1	2	3	4	5	6
3M Scotch 35	PVC-Elektroisolierband (verschiedene Farben)	< 80	LW	≈ 0,96	13
3M Scotch 88	schwarzes PVC-Elektroisolierband	< 105	LW	≈ 0,96	13
3M Scotch 88	schwarzes PVC-Elektroisolierband	< 105	MW	< 0,96	13
3M Scotch Super 33+	schwarzes PVC-Elektroisolierband	< 80	LW	≈ 0,96	13
Aluminium	Blech, 4 Muster unterschiedlich zerkratzt	70	SW	0,05-0,08	9
Aluminium	Blech, 4 Muster unterschiedlich zerkratzt	70	LW	0,03-0,06	9
Aluminium	eloxiert, hellgrau, stumpf	70	SW	0,61	9

Tabelle 19.1 T: Gesamtspektrum; SW: 2–5 µm; LW: 8–14 µm, LLW: 6.5–20 µm; 1: Material; 2: Spezifizierung; 3:Temperatur in °C; 4: Spektrum; 5: Emissionsgrad: 6:Referenz (Forts.)

1	2	3	4	5	6
Aluminium	eloxiert, hellgrau, stumpf	70	LW	0,97	9
Aluminium	eloxiert, schwarz, stumpf	70	SW	0,67	9
Aluminium	eloxiert, schwarz, stumpf	70	LW	0,95	9
Aluminium	eloxiertes Blech	100	T	0,55	2
Aluminium	Folie	27	10 µm	0,04	3
Aluminium	Folie	27	3 µm	0,09	3
Aluminium	geraut	27	10 µm	0,18	3
Aluminium	geraut	27	3 µm	0,28	3
Aluminium	Guss, sandgestrahlt	70	SW	0,47	9
Aluminium	Guss, sandgestrahlt	70	LW	0,46	9
Aluminium	in HNO_3 getaucht, Platte	100	T	0,05	4
Aluminium	poliert	50-100	T	0,04-0,06	1
Aluminium	poliert, Blech	100	T	0,05	2
Aluminium	polierte Platte	100	T	0,05	4
Aluminium	raue Oberfläche	20-50	T	0,06-0,07	1
Aluminium	stark oxidiert	50-500	T	0,2-0,3	1
Aluminium	stark verwittert	17	SW	0,83-0,94	5
Aluminium	unverändert, Blech	100	T	0,09	2
Aluminium	unverändert, Platte	100	T	0,09	4
Aluminium	vakuumbeschich-tet	20	T	0,04	2
Aluminiumbronze		20	T	0,60	1
Aluminiumhydr-oxid	Pulver		T	0,28	1
Aluminiumoxid	aktiviert, Pulver		T	0,46	1
Aluminiumoxid	rein, Pulver (Aluminiumoxid)		T	0,16	1
Asbest	Bodenfliesen	35	SW	0,94	7
Asbest	Brett	20	T	0,96	1
Asbest	Gewerbe		T	0,78	1
Asbest	Papier	40-400	T	0,93-0,95	1
Asbest	Pulver		T	0,40-0,60	1
Asbest	Ziegel	20	T	0,96	1
Asphaltstraßen-belag		4	LLW	0,967	8
Beton		20	T	0,92	2
Beton	Gehweg	5	LLW	0,974	8
Beton	rau	17	SW	0,97	5
Beton	trocken	36	SW	0,95	7

Tabelle 19.1 T: Gesamtspektrum; SW: 2–5 µm; LW: 8–14 µm, LLW: 6.5–20 µm; 1: Material; 2: Spezifizierung; 3:Temperatur in °C; 4: Spektrum; 5: Emissionsgrad: 6:Referenz (Forts.)

1	2	3	4	5	6
Blech	glänzend	20-50	T	0,04-0,06	1
Blech	Weißblech	100	T	0,07	2
Blei	glänzend	250	T	0,08	1
Blei	nicht oxidiert, poliert	100	T	0,05	4
Blei	oxidiert bei 200°C	200	T	0,63	1
Blei	oxidiert, grau	20	T	0,28	1
Blei	oxidiert, grau	22	T	0,28	4
Blei rot		100	T	0,93	4
Blei rot, Pulver		100	T	0,93	1
Bronze	Phosphorbronze	70	SW	0,08	9
Bronze	Phosphorbronze	70	LW	0,06	9
Bronze	poliert	50	T	0,1	1
Bronze	porös, rau	50-150	T	0,55	1
Bronze	Pulver		T	0,76-0,80	1
Chrom	poliert	50	T	0,10	1
Chrom	poliert	500-1000	T	0,28-0,38	1
Ebonit			T	0,89	1
Eis: Siehe Wasser					
Eisen galvanisiert	Blech	92	T	0,07	4
Eisen galvanisiert	Blech, oxidiert	20	T	0,28	1
Eisen galvanisiert	Blech, poliert	30	T	0,23	1
Eisen galvanisiert	stark oxidiert	70	SW	0,64	9
Eisen galvanisiert	stark oxidiert	70	LW	0,85	9
Eisen und Stahl	elektrolytisch	100	T	0,05	4
Eisen und Stahl	elektrolytisch	22	T	0,05	4
Eisen und Stahl	elektrolytisch	260	T	0,07	4
Eisen und Stahl	elektrolytisch, hochglanzpoliert	175-225	T	0,05-0,06	1
Eisen und Stahl	frisch gewalzt	20	T	0,24	1
Eisen und Stahl	frisch mit Schmir-gelpapier bearbeitet	20	T	0,24	1
Eisen und Stahl	geschliffenes Blech	950–1.100	T	0,55-0,61	1
Eisen und Stahl	geschmiedet, hochglanzpoliert	40-250	T	0,28	1
Eisen und Stahl	gewalztes Blech	50	T	0,56	1
Eisen und Stahl	glänzend, geätzt	150	T	0,16	1
Eisen und Stahl	glänzende Oxid-schicht, Blech	20	T	0,82	1
Eisen und Stahl	heißgewalzt	130	T	0,60	1
Eisen und Stahl	heißgewalzt	20	T	0,77	1
Eisen und Stahl	kaltgewalzt	70	SW	0,20	9

Tabelle 19.1 T: Gesamtspektrum; SW: 2–5 µm; LW: 8–14 µm, LLW: 6.5–20 µm; 1: Material; 2: Spezifizierung; 3:Temperatur in °C; 4: Spektrum; 5: Emissionsgrad: 6:Referenz (Forts.)

1	2	3	4	5	6
Eisen und Stahl	kaltgewalzt	70	LW	0,09	9
Eisen und Stahl	mit rotem Rost bedeckt	20	T	0,61-0,85	1
Eisen und Stahl	oxidiert	100	T	0,74	4
Eisen und Stahl	oxidiert	100	T	0,74	1
Eisen und Stahl	oxidiert	1227	T	0,89	4
Eisen und Stahl	oxidiert	125-525	T	0,78-0,82	1
Eisen und Stahl	oxidiert	200	T	0,79	2
Eisen und Stahl	oxidiert	200-600	T	0,80	1
Eisen und Stahl	poliert	100	T	0,07	2
Eisen und Stahl	poliert	400-1000	T	0,14-0,38	1
Eisen und Stahl	poliertes Blech	750-1.050	T	0,52-0,56	1
Eisen und Stahl	rau, ebene Oberfläche	50	T	0,95-0,98	1
Eisen und Stahl	rostig, rot	20	T	0,69	1
Eisen und Stahl	rostrot, Blech	22	T	0,69	4
Eisen und Stahl	stark oxidiert	50	T	0,88	1
Eisen und Stahl	stark oxidiert	500	T	0,98	1
Eisen und Stahl	stark verrostet	17	SW	0,96	5
Eisen und Stahl	stark verrostetes Blech	20	T	0,69	2
Eisen verzinnt	Blech	24	T	0,064	4
Emaille		20	T	0,9	1
Emaille	Lack	20	T	0,85-0,95	1
Erde	mit Wasser gesättigt	20	T	0,95	2
Erde	trocken	20	T	0,92	2
Faserplatte	hart, unbehandelt	20	SW	0,85	6
Faserplatte	Ottrelith	70	SW	0,75	9
Faserplatte	Ottrelith	70	LW	0,88	9
Faserplatte	Partikelplatte	70	SW	0,77	9
Faserplatte	Partikelplatte	70	LW	0,89	9
Faserplatte	porös, unbehandelt	20	SW	0,85	6
Firnis	auf Eichenparkettboden	70	SW	0,90	9
Firnis	auf Eichenparkettboden	70	LW	0,90-0,93	9
Firnis	matt	20	SW	0,93	6
Gips		20	T	0,8-0,9	1
Gipsputz		17	SW	0,86	5
Gipsputz	Gipsplatte, unbehandelt	20	SW	0,90	6
Gipsputz	raue Oberfläche	20	T	0,91	2
Gold	hochglanzpoliert	200-600	T	0,02-0,03	1
Gold	hochpoliert	100	T	0,02	2

Tabelle 19.1 T: Gesamtspektrum; SW: 2–5 µm; LW: 8–14 µm, LLW: 6.5–20 µm; 1: Material; 2: Spezifizierung; 3:Temperatur in °C; 4: Spektrum; 5: Emissionsgrad: 6:Referenz (Forts.)

1	2	3	4	5	6
Gold	poliert	130	T	0,018	1
Granit	poliert	20	LLW	0,849	8
Granit	rau	21	LLW	0,879	8
Granit	rau, 4 verschiedene Muster	70	SW	0,95-0,97	9
Granit	rau, 4 verschiedene Muster	70	LW	0,77-0,87	9
Gummi	hart	20	T	0,95	1
Gummi	weich, grau, rau	20	T	0,95	1
Gusseisen	bearbeitet	800-1000	T	0,60-0,70	1
Gusseisen	flüssig	1.300	T	0,28	1
Gusseisen	Guss	50	T	0,81	1
Gusseisen	Gusseisenblöcke	1000	T	0,95	1
Gusseisen	oxidiert	100	T	0,64	2
Gusseisen	oxidiert	260	T	0,66	4
Gusseisen	oxidiert	38	T	0,63	4
Gusseisen	oxidiert	538	T	0,76	4
Gusseisen	oxidiert bei 600°C	200-600	T	0,64-0,78	1
Gusseisen	poliert	200	T	0,21	1
Gusseisen	poliert	38	T	0,21	4
Gusseisen	poliert	40	T	0,21	2
Gusseisen	unbearbeitet	900–1.100	T	0,87-0,95	1
Haut	Mensch	32	T	0,98	2
Holz		17	SW	0,98	5
Holz		19	LLW	0,962	8
Holz	gehobelt	20	T	0,8-0,9	1
Holz	gehobelte Eiche	20	T	0,90	2
Holz	gehobelte Eiche	70	SW	0,77	9
Holz	gehobelte Eiche	70	LW	0,88	9
Holz	geschmirgelt		T	0,5-0,7	1
Holz	Pinie, 4 verschiedene Muster	70	SW	0,67-0,75	9
Holz	Pinie, 4 verschiedene Muster	70	LW	0,81-0,89	9
Holz	Sperrholz, glatt, trocken	36	SW	0,82	7
Holz	Sperrholz, unbehandelt	20	SW	0,83	6
Holz	weiß, feucht	20	T	0,7-0,8	1
Kalk			T	0,3-0,4	1
Kohlenstoff	Grafit, Oberfläche gefeilt	20	T	0,98	2
Kohlenstoff	Grafitpulver		T	0,97	1
Kohlenstoff	Holzkohlepulver		T	0,96	1
Kohlenstoff	Kerzenruß	20	T	0,95	2

Tabelle 19.1 T: Gesamtspektrum; SW: 2–5 µm; LW: 8–14 µm, LLW: 6.5–20 µm; 1: Material; 2: Spezifizierung; 3:Temperatur in °C; 4: Spektrum; 5: Emissionsgrad: 6:Referenz (Forts.)

1	2	3	4	5	6
Kohlenstoff	Lampenruß	20-400	T	0,95-0,97	1
Krylon Ultra-flat black 1602	Mattschwarz	Raumtemperatur bis 175	LW	≈ 0,96	12
Krylon Ultra-flat black 1602	Mattschwarz	Raumtemperatur bis 175	MW	≈ 0,97	12
Kunststoff	Glasfaserlaminat (Leiterplatte)	70	SW	0,94	9
Kunststoff	Glasfaserlaminat (Leiterplatte)	70	LW	0,91	9
Kunststoff	Polyurethan-Isolierplatte	70	LW	0,55	9
Kunststoff	Polyurethan-Isolierplatte	70	SW	0,29	9
Kunststoff	PVC, Kunststoff-boden, stumpf, strukturiert	70	SW	0,94	9
Kunststoff	PVC, Kunststoff-boden, stumpf, strukturiert	70	LW	0,93	9
Kupfer	elektrolytisch, hochglanzpoliert	80	T	0,018	1
Kupfer	elektrolytisch, poliert	-34	T	0,006	4
Kupfer	geschabt	27	T	0,07	4
Kupfer	geschmolzen	1.100-1.300	T	0,13-0,15	1
Kupfer	kommerziell, glänzend	20	T	0,07	1
Kupfer	oxidiert	50	T	0,6-0,7	1
Kupfer	oxidiert schwarz		T	0,88	1
Kupfer	oxidiert, dunkel	27	T	0,78	4
Kupfer	oxidiert, stark	20	T	0,78	2
Kupfer	poliert	50-100	T	0,02	1
Kupfer	poliert	100	T	0,03	2
Kupfer	poliert, kommerziell	27	T	0,03	4
Kupfer	poliert, mechanisch	22	T	0,015	4
Kupfer	rein, sorgfältig vorbereitete Oberfläche	22	T	0,008	4
Kupferdioxid	Pulver		T	0,84	1
Kupferoxid	rot, Pulver		T	0,70	1
Lack	3 Farben auf Aluminium gesprüht	70	SW	0,50-0,53	9
Lack	3 Farben auf Aluminium gesprüht	70	LW	0,92-0,94	9
Lack	Aluminium auf rauer Oberfläche	20	T	0,4	1
Lack	Bakelit	80	T	0,83	1
Lack	hitzebeständig	100	T	0,92	1

Tabelle 19.1 T: Gesamtspektrum; SW: 2–5 µm; LW: 8–14 µm, LLW: 6.5–20 µm; 1: Material; 2: Spezifizierung; 3:Temperatur in °C; 4: Spektrum; 5: Emissionsgrad: 6:Referenz (Forts.)

1	2	3	4	5	6
Lack	schwarz, glänzend, auf Eisen gesprüht	20	T	0,87	1
Lack	schwarz, matt	100	T	0,97	2
Lack	schwarz, stumpf	40-100	T	0,96-0,98	1
Lack	weiß	100	T	0,92	2
Lack	weiß	40-100	T	0,8-0,95	1
Lacke	8 verschiedene Farben und Qualitäten	70	SW	0,88-0,96	9
Lacke	8 verschiedene Farben und Qualitäten	70	LW	0,92-0,94	9
Lacke	Aluminium, unterschiedliches Alter	50-100	T	0,27-0,67	1
Lacke	auf Ölbasis, Mittelwert von 16 Farben	100	T	0,94	2
Lacke	chromgrün		T	0,65-0,70	1
Lacke	kadmiumgelb		T	0,28-0,33	1
Lacke	kobaltblau		T	0,7-0,8	1
Lacke	Kunststoff, schwarz	20	SW	0,95	6
Lacke	Kunststoff, weiß	20	SW	0,84	6
Lacke	Öl	17	SW	0,87	5
Lacke	Öl, diverse Farben	100	T	0,92-0,96	1
Lacke	Öl, glänzend grau	20	SW	0,96	6
Lacke	Öl, grau, matt	20	SW	0,97	6
Lacke	Öl, schwarz glänzend	20	SW	0,92	6
Lacke	Öl, schwarz, matt	20	SW	0,94	6
Leder	gebräunt, gegerbt		T	0,75-0,80	1
Magnesium		22	T	0,07	4
Magnesium		260	T	0,13	4
Magnesium		538	T	0,18	4
Magnesium	poliert	20	T	0,07	2
Magnesiumpulver			T	0,86	1
Messing	abgerieben mit 80er-Schmirgelpapier	20	T	0,20	2
Messing	Blech, gewalzt	20	T	0,06	1
Messing	Blech, mit Schmirgelpapier bearbeitet	20	T	0,2	1
Messing	hochpoliert	100	T	0,03	2
Messing	oxidiert	100	T	0,61	2
Messing	oxidiert	70	SW	0,04-0,09	9

Tabelle 19.1 T: Gesamtspektrum; SW: 2–5 µm; LW: 8–14 µm, LLW: 6.5–20 µm; 1: Material; 2: Spezifizierung; 3:Temperatur in °C; 4: Spektrum; 5: Emissionsgrad: 6:Referenz (Forts.)

1	2	3	4	5	6
Messing	oxidiert	70	LW	0,03-0,07	9
Messing	oxidiert bei 600°C	200-600	T	0,59-0,61	1
Messing	poliert	200	T	0,03	1
Messing	stumpf, fleckig	20-350	T	0,22	1
Molybdän		1.500-2.200	T	0,19-0,26	1
Molybdän		600-1000	T	0,08-0,13	1
Molybdän	Faden	700-2.500	T	0,1-0,3	1
Mörtel		17	SW	0,87	5
Mörtel	trocken	36	SW	0,94	7
Nextel Velvet 811-21 Black	Mattschwarz	-60-150	LW	> 0.97	10 und 11
Nickel	Draht	200-1000	T	0,1-0,2	1
Nickel	elektrolytisch	22	T	0,04	4
Nickel	elektrolytisch	260	T	0,07	4
Nickel	elektrolytisch	38	T	0,06	4
Nickel	elektrolytisch	538	T	0,10	4
Nickel	galvanisiert auf Eisen, nicht poliert	20	T	0,11-0,40	1
Nickel	galvanisiert auf Eisen, nicht poliert	22	T	0,11	4
Nickel	galvanisiert auf Eisen, poliert	22	T	0,045	4
Nickel	galvanisiert, poliert	20	T	0,05	2
Nickel	hell matt	122	T	0,041	4
Nickel	oxidiert	1227	T	0,85	4
Nickel	oxidiert	200	T	0,37	2
Nickel	oxidiert	227	T	0,37	4
Nickel	oxidiert bei 600°C	200-600	T	0,37-0,48	1
Nickel	poliert	122	T	0,045	4
Nickel	rein, poliert	100	T	0,045	1
Nickel	rein, poliert	200-400	T	0,07-0,09	1
Nickelchrom	Draht, blank	50	T	0,65	1
Nickelchrom	Draht, blank	500-1000	T	0,71-0,79	1
Nickelchrom	Draht, oxidiert	50-500	T	0,95-0,98	1
Nickelchrom	gewalzt	700	T	0,25	1
Nickelchrom	sandgestrahlt	700	T	0,70	1
Nickeloxid		1.000-1.250	T	0,75-0,86	1
Nickeloxid		500-650	T	0,52-0,59	1
Papier	4 verschiedene Farben	70	SW	0,68-0,74	9
Papier	4 verschiedene Farben	70	LW	0,92-0,94	9

Tabelle 19.1 T: Gesamtspektrum; SW: 2–5 µm; LW: 8–14 µm, LLW: 6.5–20 µm; 1: Material; 2: Spezifizierung; 3:Temperatur in °C; 4: Spektrum; 5: Emissionsgrad: 6:Referenz (Forts.)

1	2	3	4	5	6
Papier	beschichtet mit schwarzem Lack		T	0,93	1
Papier	dunkelblau		T	0,84	1
Papier	gelb		T	0,72	1
Papier	grün		T	0,85	1
Papier	rot		T	0,76	1
Papier	schwarz		T	0,90	1
Papier	schwarz, stumpf		T	0,94	1
Papier	schwarz, stumpf	70	SW	0,86	9
Papier	schwarz, stumpf	70	LW	0,89	9
Papier	weiß	20	T	0,7-0,9	1
Papier	weiß, 3 verschiedene Glanzarten	70	SW	0,76-0,78	9
Papier	weiß, 3 verschiedene Glanzarten	70	LW	0,88-0,90	9
Papier	weiß, gebunden	20	T	0,93	2
Platin		1.000-1.500	T	0,14-0,18	1
Platin		100	T	0,05	4
Platin		1094	T	0,18	4
Platin		17	T	0,016	4
Platin		22	T	0,03	4
Platin		260	T	0,06	4
Platin		538	T	0,10	4
Platin	Band	900–1.100	T	0,12-0,17	1
Platin	Draht	1.400	T	0,18	1
Platin	Draht	50-200	T	0,06-0,07	1
Platin	Draht	500-1000	T	0,10-0,16	1
Platin	rein, poliert	200-600	T	0,05-0,10	1
Porzellan	glasiert	20	T	0,92	1
Porzellan	weiß, leuchtend		T	0,70-0,75	1
rostfreier Stahl	Blech, poliert	70	SW	0,18	9
rostfreier Stahl	Blech, poliert	70	LW	0,14	9
rostfreier Stahl	Blech, unbehandelt, etwas zerkratzt	70	SW	0,30	9
rostfreier Stahl	Blech, unbehandelt, etwas zerkratzt	70	LW	0,28	9
rostfreier Stahl	gewalzt	700	T	0,45	1
rostfreier Stahl	Legierung, 8 % Ni, 18 % Cr	500	T	0,35	1
rostfreier Stahl	sandgestrahlt	700	T	0,70	1
rostfreier Stahl	Typ 18 – 8, glänzend	20	T	0,16	2
rostfreier Stahl	Typ 18-8, oxidiert bei 800 °C	60	T	0,85	2

Tabelle 19.1 T: Gesamtspektrum; SW: 2–5 µm; LW: 8–14 µm, LLW: 6.5–20 µm; 1: Material; 2: Spezifizierung; 3:Temperatur in °C; 4: Spektrum; 5: Emissionsgrad: 6:Referenz (Forts.)

1	2	3	4	5	6
Sand			T	0,60	1
Sand		20	T	0,90	2
Sandstein	poliert	19	LLW	0,909	8
Sandstein	rau	19	LLW	0,935	8
Schlacke	Kessel	0-100	T	0,97-0,93	1
Schlacke	Kessel	1.400-1.800	T	0,69-0,67	1
Schlacke	Kessel	200-500	T	0,89-0,78	1
Schlacke	Kessel	600-1.200	T	0,76-0,70	1
Schmirgelpapier	grob	80	T	0,85	1
Schnee: Siehe Wasser					
Silber	poliert	100	T	0,03	2
Silber	rein, poliert	200-600	T	0,02-0,03	1
Spanplatte	unbehandelt	20	SW	0,90	6
Stukkatur	rau, gelbgrün	10-90	T	0,91	1
Styropor	Wärmedämmung	37	SW	0,60	7
Tapete	leicht gemustert, hellgrau	20	SW	0,85	6
Tapete	leicht gemustert, rot	20	SW	0,90	6
Teer			T	0,79-0,84	1
Teer	Papier	20	T	0,91-0,93	1
Titan	oxidiert bei 540°C	1000	T	0,60	1
Titan	oxidiert bei 540°C	200	T	0,40	1
Titan	oxidiert bei 540°C	500	T	0,50	1
Titan	poliert	1000	T	0,36	1
Titan	poliert	200	T	0,15	1
Titan	poliert	500	T	0,20	1
Ton	gebrannt	70	T	0,91	1
Tuch	schwarz	20	T	0,98	1
Wasser	destilliert	20	T	0,96	2
Wasser	Eis, bedeckt mit starkem Frost	0	T	0,98	1
Wasser	Eis, glatt	-10	T	0,96	2
Wasser	Eis, glatt	0	T	0,97	1
Wasser	Frostkristalle	-10	T	0,98	2
Wasser	Schicht >0,1 mm dick	0-100	T	0,95-0,98	1
Wasser	Schnee		T	0,8	1
Wasser	Schnee	-10	T	0,85	2
Wolfram		1.500-2.200	T	0,24-0,31	1
Wolfram		200	T	0,05	1
Wolfram		600-1000	T	0,1-0,16	1
Wolfram	Faden	3.300	T	0,39	1

Tabelle 19.1 T: Gesamtspektrum; SW: 2–5 µm; LW: 8–14 µm, LLW: 6.5–20 µm; 1: Material; 2: Spezifizierung; 3:Temperatur in °C; 4: Spektrum; 5: Emissionsgrad: 6:Referenz (Forts.)

1	2	3	4	5	6
Ziegel	Aluminiumoxid	17	SW	0,68	5
Ziegel	Dinas-Silizium-oxid, Feuerfestprodukt	1000	T	0,66	1
Ziegel	Dinas-Silizium-oxid, glasiert, rau	1.100	T	0,85	1
Ziegel	Dinas-Silizium-oxid, unglasiert, rau	1000	T	0,80	1
Ziegel	Feuerfestprodukt, Korund	1000	T	0,46	1
Ziegel	Feuerfestprodukt, Magnesit	1.000-1.300	T	0,38	1
Ziegel	Feuerfestprodukt, schwach strahlend	500-1000	T	0,65-0,75	1
Ziegel	Feuerfestprodukt, stark strahlend	500-1000	T	0,8-0,9	1
Ziegel	Feuerziegel	17	SW	0,68	5
Ziegel	glasiert	17	SW	0,94	5
Ziegel	Mauerwerk	35	SW	0,94	7
Ziegel	Mauerwerk, verputzt	20	T	0,94	1
Ziegel	normal	17	SW	0,86-0,81	5
Ziegel	rot, normal	20	T	0,93	2
Ziegel	rot, rau	20	T	0,88-0,93	1
Ziegel	Schamotte	1000	T	0,75	1
Ziegel	Schamotte	1200	T	0,59	1
Ziegel	Schamotte	20	T	0,85	1
Ziegel	Siliziumoxid, 95 % SiO_2	1230	T	0,66	1
Ziegel	Sillimanit, 33 % SiO_2, 64% Al_2O_3	1.500	T	0,29	1
Ziegel	wasserfest	17	SW	0,87	5
Zink	Blech	50	T	0,20	1
Zink	oxidiert bei 400°C	400	T	0,11	1
Zink	oxidierte Oberfläche	1.000-1.200	T	0,50-0,60	1
Zink	poliert	200-300	T	0,04-0,05	1
Öl, Schmieröl	0,025-mm-Film	20	T	0,27	2
Öl, Schmieröl	0,050-mm-Film	20	T	0,46	2
Öl, Schmieröl	0,125-mm-Film	20	T	0,72	2
Öl, Schmieröl	dicke Schicht	20	T	0,82	2
Öl, Schmieröl	Film auf Ni-Basis: nur Ni-Basis	20	T	0,05	2

A note on the technical production of this publication

This publication was produced using XML — the eXtensible Markup Language. For more information about XML, please visit http://www.w3.org/XML/

A note on the typeface used in this publication

This publication was typeset using Linotype Helvetica™ World. Helvetica™ was designed by Max Miedinger (1910–1980)

LOEF (List Of Effective Files)

T501109.xml; de-DE; AE; 24567; 2015-04-08
T505552.xml; de-DE; 9599; 2013-11-05
T505551.xml; de-DE; 22782; 2015-01-27
T505469.xml; de-DE; 23215; 2015-02-19
T505013.xml; de-DE; 9229; 2013-10-03
T505799.xml; de-DE; ; 23545; 2015-02-27
T505800.xml; de-DE; ; 23541; 2015-02-26
T505801.xml; de-DE; ; 23545; 2015-02-27
T505816.xml; de-DE; AA; 23430; 2015-02-25
T505470.xml; de-DE; 12154; 2014-03-06
T505012.xml; de-DE; 12154; 2014-03-06
T505007.xml; de-DE; 21877; 2014-12-08
T505004.xml; de-DE; 12154; 2014-03-06
T505000.xml; de-DE; 12154; 2014-03-06
T505005.xml; de-DE; 12154; 2014-03-06
T505001.xml; de-DE; 12154; 2014-03-06
T505006.xml; de-DE; 12154; 2014-03-06
T505002.xml; de-DE; 18260; 2014-10-06

Corporate Headquarters
FLIR Systems, Inc.
27700 SW Parkway Ave.
Wilsonville, OR 97070
USA
Telephone: +1-503-498-3547

Website
http://www.flir.com

Customer support
http://support.flir.com

Copyright
© 2015, FLIR Systems, Inc. All rights reserved worldwide.

Disclaimer
Specifications subject to change without further notice. Models and accessories subject to regional market considerations. License procedures may apply. Products described herein may be subject to US Export Regulations. Please refer to exportquestions@flir.com with any questions.

Publ. No.: T559918
Release: AE
Commit: 24567
Head: 24585
Language: de-DE
Modified: 2015-04-08
Formatted: 2015-04-08

SCV SA (SCHWEIZ)
Spitalstrasse 49
CH-3280 Meyriez-Murten
Schweiz
T:0041 26 672 90 50 / F:0041 26 672 90 55
email: info@scv-sa.ch / www.scv-sa.ch